



GraafReinaldalliantie

Achtergrondrapport (grond)water dijkversterking GoWa



Overzicht gegevens document

Titel document: Achtergrondrapport (grond)water dijkversterking GoWa
Kenmerk document: GO-WA-RAP-23869

Autorisatie

	Naam	Paraaf	Datum
<i>Opgesteld door</i>	B. v.d. Wal, J. J. Pape, A. Krikken, W. Engel en J. Winkelhorst	Registratie en vrijgave in DMS	
<i>Controle door</i>	P. van Veen, N. Geurts van Kessel	Registratie en vrijgave in DMS	
<i>Vrijgave door</i>	H. Nonnekens	Registratie en vrijgave in DMS	

Revisiebeheer

Revisienummer	Datum	Status	Opmerkingen
1.0	20-12-2019	Concept	80% versie t.b.v. review bevoegde gezagen
2.0	14-2-2019	Eindconcept	Voor ABG, KBG en BBG

Adresgegevens

Graaf Reinaldalliantie
Waldijk 91
4214 LC Vuren

INHOUDSOPGAVE

1	Inleiding	4
1.1	Achtergrond.....	4
1.2	Doel	4
1.3	Vraagstelling	4
1.4	Leeswijzer	4
2	Maatgevende hydrologische situaties.....	6
2.1	Maatgevende rivierafvoeren.....	6
2.2	Maatgevende landelijke afvoer.....	8
3	Ingrepen in de uiterwaarden en watersysteem	9
3.1	Dijkversterkingsmaatregelen.....	9
3.2	Ingrepen uiterwaarden.....	10
3.3	Aanpassingen aan het watersysteem.....	14
4	Geohydrologische effecten ingrepen	23
4.1	Dijkversterkingsmaatregelen.....	23
4.2	Ingrepen uiterwaarden.....	25
4.3	Aanpassingen aan het watersysteem.....	40
5	Hydrologische effecten ingrepen	41
5.1	Dijkversterkingsmaatregelen.....	41
5.2	Ingrepen in de uiterwaarden.....	44
5.3	Aanpassingen aan het watersysteem.....	44
6	Afgeleide effecten	48
7	Compenserende maatregelen.....	49
7.1	Bergingscompensatie	49
8	Samenvatting en conclusies	52
	Bijlage 1	53
	Bijlage 2	55

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Voor het dijktraject Gorinchem - Waardenburg (GoWa) zijn verbetermaatregelen nodig om nu én in de toekomst aan de veiligheidsnormen te voldoen. Het gaat om ongeveer 23 kilometer. De dijkversterking is onderdeel van het Hoogwaterbeschermingsprogramma (HWBP) waarin de waterschappen en Rijkswaterstaat samenwerken om de primaire waterkeringen aan de veiligheidsnorm te laten voldoen. Waterschap Rivierenland is beheerder van de dijk tussen Gorinchem en Waardenburg.

Het dijkversterkingsproject wordt uitgevoerd door de Gralliantie (een alliantie, wat een nieuwe samenwerkingsvorm is). De Gralliantie heeft een Voorkeursalternatief gekozen (zie www.Gralliantie.nl). Het bestaat uit een combinatie van buitenwaartse versterkingen (in grond), binnenwaartse versterkingen (in grond) en langsconstructies. De effecten van deze ingrepen zijn in het kader van het concept-MER op hoofdlijnen in beeld gebracht. De volgende stap is het uitwerken en het in beeld brengen van de effecten van de ingrepen. Hierbij horen ook de compenserende en mitigerende ingrepen. Er worden alleen compenserende maatregelen uitgevoerd.

1.2 Doel

Voor het uitwerken van het Voorkeursalternatief, de ruimtelijke inpassing en het Projectplan Waterwet zijn (geo)hydrologische inzichten vereist. Om deze inzichten te verkrijgen is een geohydrologisch model opgezet (Gralliantie, 2019). Daarnaast wordt gebruik gemaakt van (geo)hydrologische kennis en ontwerpregels over waterlopen. Het doel van deze rapportage is het in beeld brengen van de hydrologische omgevingseffecten van de ontworpen ingrepen. Indien de effecten significant zijn, zijn mitigerende of compenserende maatregelen nodig.

1.3 Vraagstelling

De overkoepelende vraag in deze studie is: wat is het beste ontwerp voor de dijkversterking, rekening houdend met de verschillende projectfasen en levensfasen van de dijk. In deze rapportage wordt de volgende vraag beantwoord: wat zijn de hydrologische omgevingseffecten van de voorgestelde ingrepen?

In deze studie worden de volgende ingrepen onderzocht:

- Vergravingen Woelse Waard
- Vergravingen Herwijnnense uiterwaard
- Vergravingen Crobsche waard
- Natuurcompensatie bij het Heuffterrein (doorsteken zomerkade)
- De maatregelen voor de dijkversterking:
 - Binnendijkse versterking
 - Buitendijkse versterking
 - Langsconstructie
- Aanpassingen van het watersysteem:
 - Raakvlakken dijk met watergangen
 - Piping maatregelen
 - Maatwerk oplossing dijkvak 2a Haarstraat
 - Maatwerk oplossing dijkvak 13d Lingsesdijk

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de uitgangspunten voor de effectbeoordeling beschreven. Dit omvat de onderzochte maatgevende hydrologische situaties. In Hoofdstuk 3 zijn de beschouwde ingrepen toegelicht en hoe deze in

de analyse zijn geïmplementeerd. In Hoofdstuk 4 zijn de geohydrologische effecten op het systeem beschreven. In Hoofdstuk 5 zijn de hydrologische effecten op het watersysteem beschreven. In Hoofdstuk 6 zijn de afgeleide effecten beschreven. Hoofdstuk 7 beschrijft de compenserende maatregelen. Hoofdstuk 8 is een samenvattend en concluderend hoofdstuk waarin een totaalbeeld is geschetst.

Dit rapport is een bijlage bij het ontwerp Projectplan Waterwet van dijkversterking Gorinchem Waardenburg. Zie voor het complete i-report <https://terinzage.gralliantie.nl>. Daarin bevinden zich ook de definitieve plankaarten.

2 Maatgevende hydrologische situaties

2.1 Maatgevende rivierafvoeren

Voor het beoordelen of een ingreep voldoet aan de regelgeving van Waterschap Rivierenland, dienen de ingrepen voor drie kenmerkende hydrologische situaties op de rivier te worden onderzocht. In deze drie hydrologische situaties mogen de ingrepen geen significant effect hebben op het huidige landgebruik. Dit is conform de Richtlijn toetsing kwel en wegzijging van Waterschap Rivierenland. De ontworpen ingrepen zijn onderzocht voor de volgende drie hydrologische situaties:

- Hoogwater (herhalingstijd (T=10);
- Gemiddeld
- Laagwater (herhalingstijd (T=10);

Het hoogwater is onderzocht door de hoogwatergolf van 2018 te gebruiken en deze aan te passen, zodat de hoogwatergolf een herhalingstijd van eens in de 10 jaar heeft. Voor de gemiddelde situatie wordt de periode 1-4-2013 – 1-4-2018 doorgerekend, waarvoor de gemiddelde grondwaterstand en stijghoogten bepaald worden. Het laagwater is onderzocht met de zomer van 2003. Hieronder zijn de drie kenmerkende situaties verder uitgewerkt.

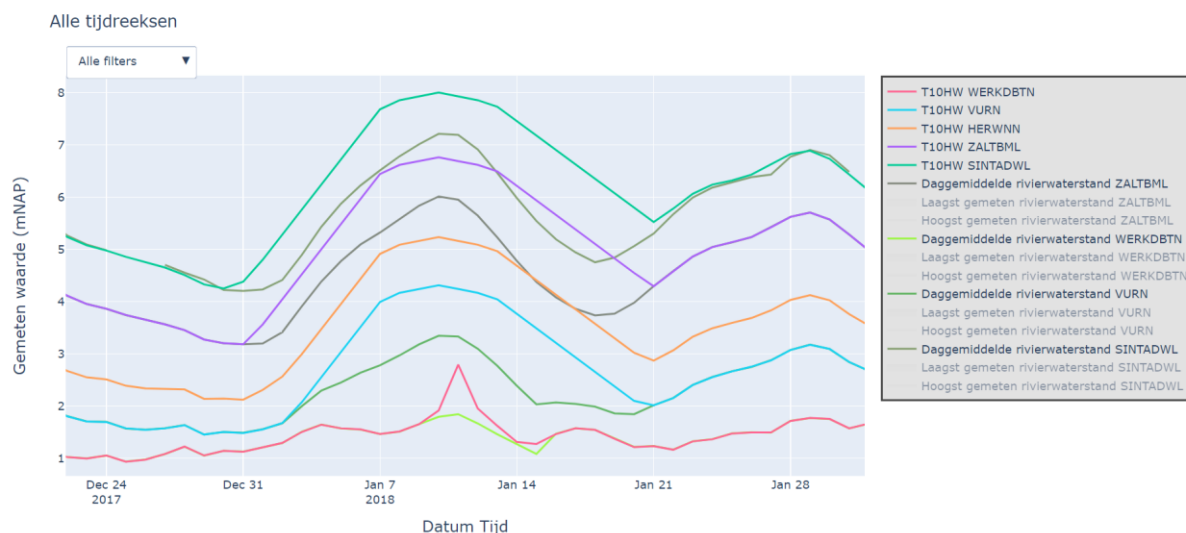
2.1.1 Hoogwater

Voor het hoogwater (T=10) is de geohydrologische situatie op 10 januari 2018 gebruikt met een verhoogd rivierpeil. Hiervoor is een hoogwatergolf met een opgegeven rivierpeil boven op de gemeten rivierpeilen gezet. De vorm van deze hoogwatergolf is aangeleverd door Waterschap Rivierenland. Indien de synthetische hoogwatergolf lagere rivierpeilen heeft dan de gemeten rivierpeilen, wordt het gemeten rivierpeil gebruikt. In Tabel 2-1: Het maximale rivierpeil tijdens een hoogwatergolf met een herhalingstijd van 1 keer per 10 jaar zijn de maximale rivierpeilen van de hoogwatergolf weergegeven.

Tabel 2-1: Het maximale rivierpeil tijdens een hoogwatergolf met een herhalingstijd van 1 keer per 10 jaar

Locatie	Hoogwater T=10 (m+NAP)
Tiel Waal	9,73
Zaltbommel	6,76
Vuren	4,31
Werkendam buiten	2,79

Gebruikmakend van het maximale rivierpeil uit Tabel 2-1, laat Figuur 2.1 het nieuwe rivierpeil op de vijf meetpunten in het modelgebied van GoWa zien. De effecten worden beoordeeld door de grondwaterstanden, stijghoogten en fluxen op 10 januari 2018 te beoordelen.



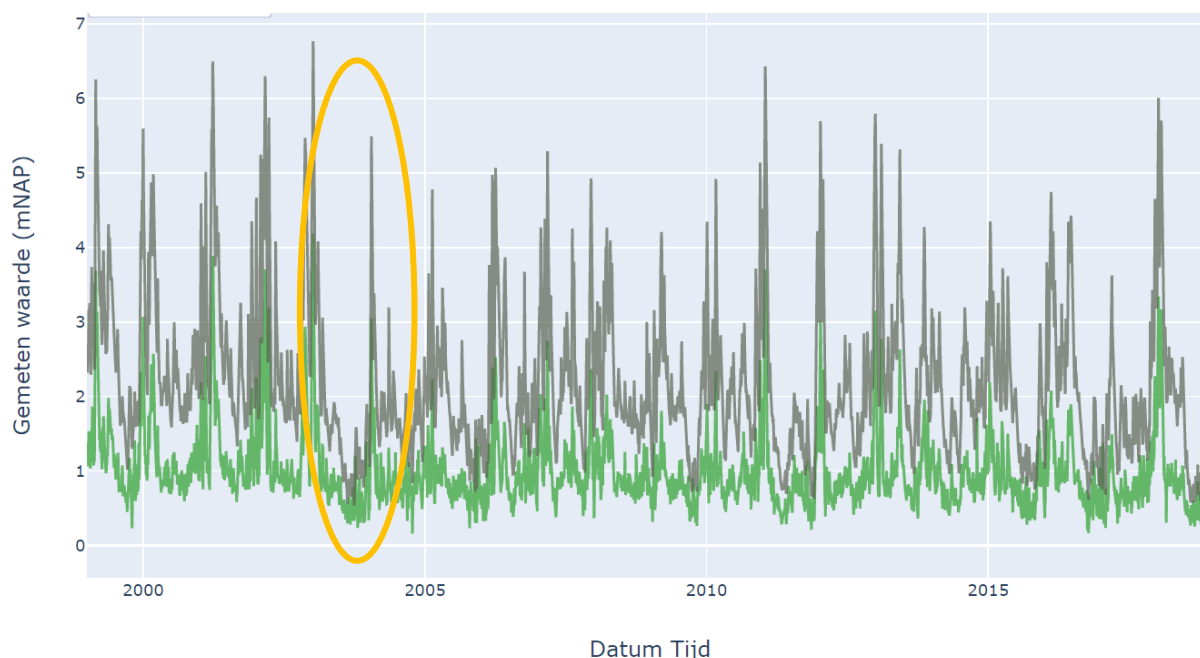
Figuur 2.1: Het waterpeil van een hoogwatergolf met een herhalingsdij van 1 keer per 10 jaar.

Om het hoogwater goed door te kunnen rekenen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- De berging wordt op dagbasis aangepast aan de hand van de het overstroomde oppervlak.
- Er wordt gerekend met een vaste grondwateraanvulling (4 mm/dag), dit is de gemiddelde neerslag die is opgetreden in de periode tijdens en voorafgaand aan de hoogwatergolf
- Aanvullende drainage wordt in het model ingebracht om het gebied achter de zomerkade in de Crobsche Waard goed leeg te laten lopen.

2.1.2 Gemiddelde situatie

Om de gemiddelde situatie in beeld te brengen is het grondwatermodel voor een periode van 5 jaar doorgerekend, namelijk van 1-4-2013 tot en met 1-4-2018. Op basis van deze berekening worden de gemiddelde grondwaterstand en de gemiddelde stijghoogten berekend. Het effect van de ingrepen wordt bepaald, door de gemiddelde situaties voor en na ingrepen met elkaar vergeleken.



Figuur 2.2: Het gemeten waterpeil bij Zaltbommel (grijs) en Vuren (groen). De oranje cirkel geeft de laagwaterperiode in 2003 weer.

2.1.3 Laagwater

De geohydrologische situatie van de zomer van augustus 2003 wordt representatief geacht voor de $T=10$ laagwater situatie. Op dat moment treedt een laagwater op met een herhalingsijd groter dan 1 keer per 10 jaar¹. Deze herhalingsijd is bepaald op basis van een langjarige berekening door Deltares. Op 17 augustus 2003 trad bij Zaltbommel en Vuren een zeer laag rivierpeil op en was het neerslagtekort het grootst. Daarom is voor het bepalen van de effecten de grondwaterstand, stijghoogten en grondwaterstroming de toestand op 17 augustus 2003 gebruikt. De meteorologische gegevens en het rivierpeil zijn uit de periode 2002 en 2003, de overige parametrisering van het model zijn uit de periode 2016 en 2017. Op deze manier is de huidige situatie met een maatgevend laagwater doorgerekend. In Figuur 2.2 zijn de rivierpeilen weergegeven, waarbij de cirkel het laagwater van 2003 toont.

Om het laagwater goed door te kunnen rekenen zijn de volgende uitgangspunten gebruikt:

- De berekening wordt voor de periode 1-4-2016 tot en met 1-11-2017 uitgevoerd.
- In deze rekenperiode worden de rivierpeilen en meteorologische gegevens uit de periode 1-4-2002 tot en met 1-11-2003 toegepast.
- De grondwateraanvulling wordt interactief met MetaSWAP berekend.

2.2 Maatgevende landelijke afvoer

Binnendijs wordt een maatgevende landelijke afvoer van 1,5 l/s/ha gehanteerd. Daar komt de kwelflux tijdens een $T=10$ situatie bij. Deze kwelflux is afkomstig uit berekeningen uitgevoerd met het geohydrologisch model MORIA.

¹ Er is niet gekozen om de zomer van 2018 te gebruiken als laagwater, omdat de herhalingsijd van de zomer van 2018 in de orde van 1 keer per 50 jaar ligt. Het waterpeil in de rivier is dan beduidend lager dan het peil dat volgens de norm van 1 keer per 10 jaar zou moeten optreden.

3 Ingrepen in de uiterwaarden en watersysteem

De ingrepen binnen GoWa zijn onderverdeeld in drie typen ingrepen: dijkversterkingsmaatregelen, uiterwaardeningrepen, en aanpassingen aan het watersysteem. Al deze ingrepen zijn voor de maatgevende situatie beoordeeld (niet altijd met modelberekeningen). De effecten van de ingrepen voor maatgevende situaties worden in Hoofdstuk 4 en Hoofdstuk 5 gepresenteerd. In dit hoofdstuk zijn de ingrepen beschreven, inclusief de manier waarop deze in het geohydrologisch model zijn doorgevoerd.

De ondergrond is gelaagd opgebouwd. Watervoerende lagen met zandige en grindige afzettingen en slechtdoorlatende lagen met klei- en veenafzettingen wisselen elkaar af. De ondergrond in het rivierengebied kenmerkt zich door de aanwezigheid van een slechtdoorlatende deklaag op een zeer goed doorlatend watervoerend pakket. De slechtdoorlatende deklaag vertraagt de verbreiding van effecten ten gevolge van een ingreep. Het grondwatersysteem wordt gevoed door neerslag minus de verdamping die plaatsvindt. Deze voeding wordt grondwateraanvulling genoemd. Het grondwaterniveau in de deklaag wordt de freatische grondwaterstand genoemd en wordt uitgedrukt in m(eter)+NAP. Het grondwaterniveau onder de deklaag in het watervoerend pakket is een stijghoogte en wordt tevens uitgedrukt in m+NAP. De rivier en de binnendijkse waterlopen vormen met het waterpeil een randvoorwaarde voor het grondwatersysteem. Als het peil lager is dan de grondwaterstand is de waterloop drainerend. Is het waterpeil hoger dan de grondwaterstand dan infiltreert de waterloop. De rivier en sommige grote waterlopen snijden door de deklaag heen.

3.1 Dijkversterkingsmaatregelen

Voor de versterking van de dijk tussen Gorinchem en Waardenburg is hoofdzakelijk gekeken naar drie mogelijke oplossingen voor versterking, namelijk:

- Binnendijkse versterking
- Buitendijkse versterking
- Langsconstructie

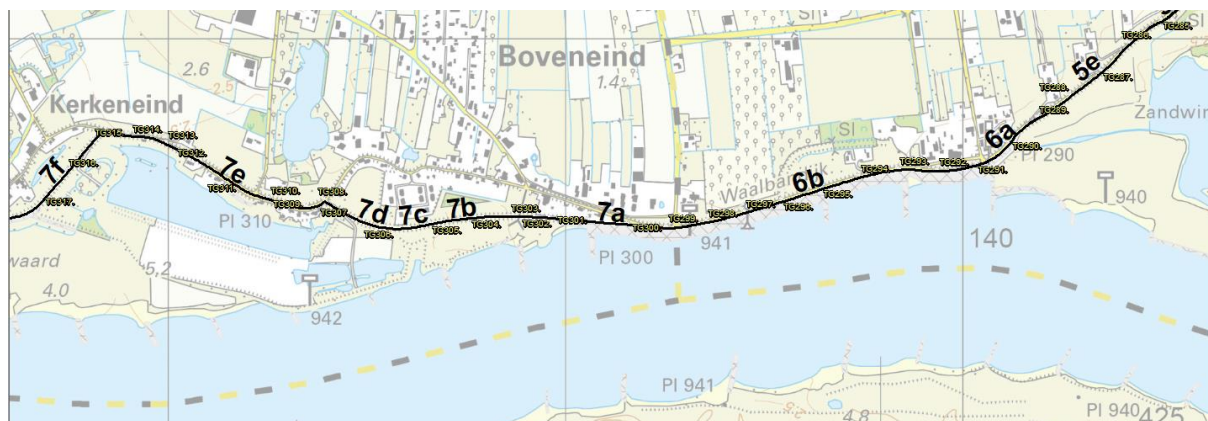
Zie voor de meest recente dijkontwerp de kaart: "ontwerp dijk". Bij een binnendijkse versterking wordt aan de binnendijkse zijde van de dijk, de dijk verhoogd of verzaamd met bijvoorbeeld een steunberm. Bij een buitendijkse versterking vindt de verhoging aan de buitenzijde van de dijk plaats. Langsconstructies zijn technische oplossingen waarbij het dijkprofiel niet wordt aangepast, hierbij is te denken aan damwanden.

De effecten zijn met berekeningen en/of expert judgement beoordeeld. Kleine aanpassingen aan de dijk hebben geen significante effecten op het grondwatersysteem en behoeven niet doorgerekend te worden met MORIA. Dit komt enerzijds doordat de dijkversterking zelf geen invloed heeft op het grondwatersysteem onder de deklaag. Anderzijds zijn de ingrepen zo klein, dat er in MORIA geen effecten zichtbaar zijn (resolutie cellen: $25 \times 25 \text{ m}^2$).

3.1.1 Uitgangspunten langsconstructies

Voor de berekening van de effecten van een damwand nemen we de situatie bij dijkpaal 300 (dijkvak 6b/7a) als representatief voor een situatie waarbij de meeste effecten te verwachten zijn: geen voorland en sterke grondwaterstroming, dus maximaal effect van een damwand. Bij een langer voorland zullen de effecten van een damwand kleiner zijn, omdat het verhang van de stijghoogte daar kleiner is.

We gaan uit van een damwandconstructie die 10 m in het watervoerende pakket steekt. Dit is een worst-case situatie, de verwachting is dat de constructies korter zullen worden.



Figuur 3.1: Locatie principe dwarsprofiel langsconstructie.

Er zijn vier berekeningen uitgevoerd met een doorsnedemodel. De uitkomsten van de berekeningen zijn opgenomen in paragraaf 4.1.3. De vier berekeningen zijn met en zonder damwand en voor twee verschillende typen bodemopbouw. De parametrisering van de verschillende berekeningen is opgenomen in tabel 3-1. Tussen haakjes staat het nummer van de berekening, waarvoor de betreffende parameter is toegepast. Alleen de doorlatendheid van watervoerend pakket 1 is gevarieerd.

Tabel 3-1: Parametrisering berekeningen langsconstructies

Voorland		Dijk	Achterland
Deklaag	$H(1,2) = T_{10} = \text{NAP} + 6,2 \text{ m}$ $c_1 = 5 \text{ d}$ (zeer kort voorland)	$L = 50 \text{ m}$ $c = \text{oneindig}$	$H(1,2) = \text{PP/WP} = \text{NAP} + 0,15 \text{ m}$ $c_1 = 200 \text{ d}$
Watervoerend pakket laag 1	$D = 15 \text{ m}$ $k(1) = 5 \text{ m/dag}$, $k_h/k_v = 2$ ($kD = 75 \text{ m}^2/\text{d}$) $k(2) = 50 \text{ m/dag}$, $k_h/k_v = 2$ ($kD = 750 \text{ m}^2/\text{d}$)		
Watervoerend pakket laag 2	$D = 35 \text{ m}$ $k(1,2) = 50 \text{ m/dag}$, $k_h/k_v = 2$ ($kD = 1750 \text{ m}^2/\text{d}$)		
Totaal water-voerend pakket	$kD(1) = 1825 \text{ m}^2/\text{d}$ $kD(2) = 2500 \text{ m}^2/\text{d}$		

3.2 Ingrepen uiterwaarden

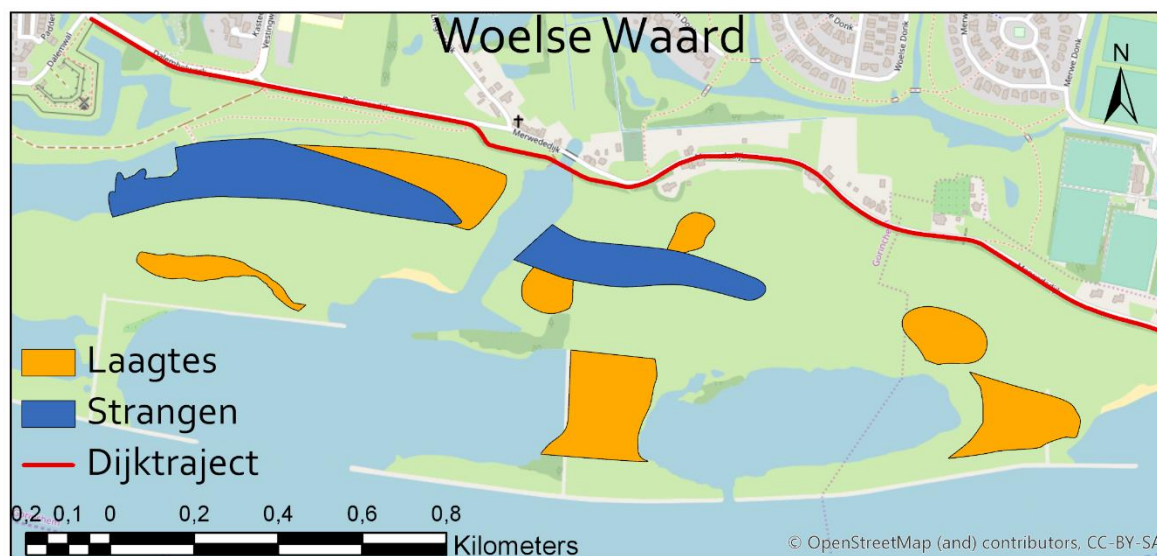
Vanwege de dijkversterking is er rivierkundige- en natuurcompensatie noodzakelijk. Deze vindt plaats door in de uiterwaarden strangen aan te leggen, laagtes te creëren en zomerkades door te steken. Compensatie is uitgewerkt voor vier uiterwaarden: Woelse Waard, Heuffterrein, Herwijnsense Bovenwaard en Crobsche Waard. In de Woelse Waard, Herwijnsense Bovenwaard en Crobsche Waard wordt voorgesteld strangen en laagtes aan te leggen. Op het Heuffterrein bevindt de natuurcompensatie zich nog in een verkennend stadium. Hieronder zijn de ingrepen in de uiterwaarden beschreven zoals ze zijn verwerkt in het geohydrologisch model, voor de meest actuele stand van zaken zie de kaart: "Maatregelen – Compensatie uiterwaarden".

3.2.1 Woelse Waard

In Figuur 3.2 zijn de vergravingen in de Woelse Waard weergegeven. In de Woelse Waard worden twee strangen aangelegd en wordt op diverse plaatsen het maaiveld verlaagd. De bodemhoogte van de strangen wordt $-1 \text{ m} + \text{NAP}$ en de strangen krijgen een talud van 1:10. De laagtes krijgen een maaiveldhoogte van $1,10 \text{ m} + \text{NAP}$ en deze waarde wordt ingevoerd in het model. De laagte tussen de twee plassen aan de zuidzijde krijgt een maaiveldhoogte van $1,2 \text{ m} + \text{NAP}$ en de laagte oostelijk van de plassen krijgt een maaiveldhoogte van $1,5 \text{ m} + \text{NAP}$.

De ingrepen zijn als volgt verwerkt in het geohydrologisch model:

- De maaiveldverlaging (strangen en laagtes) is doorgevoerd in de bodemhoogte van rivierbodem.
- Als gevolg van de aanpassing van de rivierbodem zijn nieuwe rasters met rivierpeilen gegenereerd, hierin zijn de overstromingspatronen veranderd.
- De weerstand van de eerste scheidende laag (C1) is in de strangen 5 dagen.
- De conductance in de strangen is $1250 \text{ m}^2/\text{dag}$.



Figuur 3.2: Ingrepen in de Woelse Waard.

3.2.2 Herwijjnense Bovenwaard

In Figuur 3.3 zijn de vergravingen in de Herwijjnense Bovenwaard te zien. In de Herwijjnense Bovenwaard wordt de bestaande kleiput op twee manieren verbonden met de Waal, in groen weergegeven. Aan de oostzijde worden drie verbindingen aangelegd tussen de Waal en de bestaande plassen. Aan de westzijde wordt de bestaande laagte opgewaardeerd tot een strang. Hiervoor zullen de laagste delen met elkaar verbonden worden. Ook zal de bestaande duiker verbeterd worden, om zo de doorstroming te verbeteren.

De ingrepen zijn als volgt verwerkt in het geohydrologisch model:

- De maaiveldverlaging (strangen en laagtes) is doorgevoerd in de bodemhoogte van rivierbodem.
- De kleiput stroomt mee vanaf een rivierpeil van $0,5 \text{ m}+\text{NAP}$, op dit moment is dat nog circa $3 \text{ m}+\text{NAP}$.
- Als gevolg van de aanpassing van de rivierbodem en zomerkade zijn nieuwe rasters met rivierpeilen gegenereerd, hierin zijn de overstromingspatronen veranderd.
- De weerstand van de eerste scheidende laag (C1) is in de strangen 5 dagen.
- De conductance is in de strangen $1250 \text{ m}^2/\text{dag}$.



Figuur 3.3: Ingrepen Herwijdense Bovenwaard. De groene zones zijn de gebieden waar het maaiveld verlaagd wordt.

3.2.3 Crobsche Waard

In Figuur 3.4 zijn de vergravingen in de Crobsche Waard te zien. In de Crobsche Waard wordt de bestaande zandwinplas aan de oostzijde vergroot. Tevens wordt de zomerkade verlegd, omdat de huidige zomerkade op de plek van de uitbreiding van de zandwinplas ligt. De zomerkadehoogte zal niet veranderen. De bodem van de zandwinplas in het oosten is -10 m+NAP. De uitbreiding van de zandwinplas is verbonden aan de bestaande zandwinplas, welke in open verbinding staat met de Waal. Hierdoor zal het gehele gebied één peil hebben tijdens normale omstandigheden. Bij hoogwater, wanneer er kades overstromen, zal er een oost-west gradiënt aanwezig zijn.

De ingrepen zijn als volgt verwerkt in het geohydrologisch model:

- De maaiveldverlaging (strangen en laagtes) is doorgevoerd in de bodemhoogte van rivierbodem.
- De ligging van de zomerkade is aangepast, de hoogte van de zomerkade is niet aangepast.
- Als gevolg van de aanpassing van de rivierbodem en de zomerkade zijn nieuwe rasters met rivierpeilen gegenereerd, hierin zijn de overstromingspatronen veranderd.
- De weerstand van de eerste scheidende laag (C1) in de strangen is 5 dagen.
- De conductance in de strangen is 1250 m²/dag.



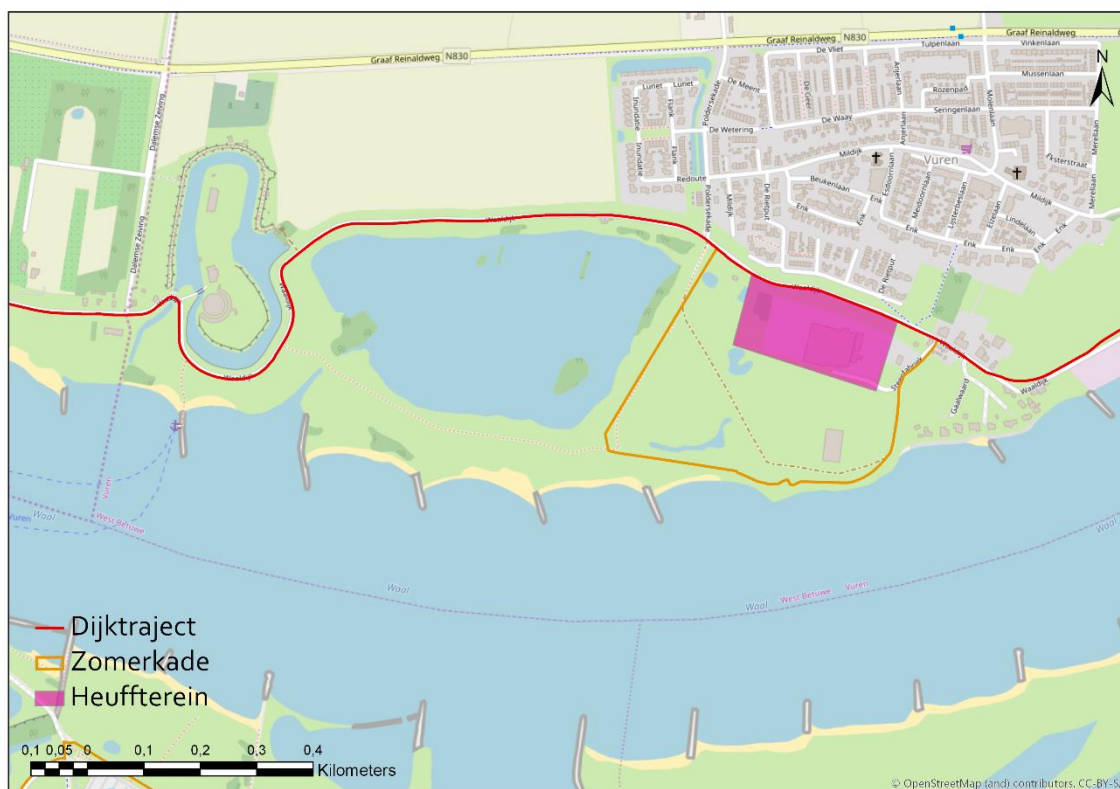
Figuur 3.4: Ingrep in de Crobsche Waard.

3.2.4 Heuffterrein

In Figuur 3.5 zijn de aanpassingen aan het Heuffterrein weergegeven. Het Heuffterrein krijgt een nieuwe bestemming, waaronder een verbetering van de bestaande natuur. Om de natuurwaarden te verbeteren zal een verbinding met de plas ten westen van het Heuffterrein gecreëerd worden, zodat het water vrij binnen kan stromen. Tevens zal de zomerkade rondom het Heuffterrein op diverse plaatsen weggehaald worden. Dit heeft een beperkte invloed, omdat het water via de plas op een lager peil binnenstroomt dan de maaiveldhoogte rondom de zomerkade is. Het waterpeil ter plaatse van het Heuffterrein beweegt mee met het waterpeil van de plas. De plas is vanaf een peil 0,8 m+NAP verbonden met de Waal. Bij een lager peil is de plas geïsoleerd. Als aanvullende maatregel zal de bebouwing en de verharding van het terrein van Buko worden verwijderd. De menselijke beïnvloeding wordt uit het gebied weggenomen. Het wordt natuurgebied. Hierbij wordt geen klei verwijderd, en zal de weerstand ter plaatse van het Buko terrein niet veranderen. De hoogte van het nieuwe maaiveld is 2,5 m+NAP.

De ingrepen zijn als volgt verwerkt in het geohydrologisch model:

- De maaiveldverlaging (Buko terrein) is doorgevoerd in de bodemhoogte van rivierbodem.
- Het Heuffterrein kan inunderen vanaf een rivierpeil van 0,8 m+NAP, op dit moment is dat nog circa 5,30 m+NAP.
- Als gevolg van de aanpassing van de rivierbodem en zomerkadehoogte zijn nieuwe rasters met rivierpeilen gegenereerd, hierin zijn de overstromingspatronen veranderd.



Figuur 3.5: Aanpassingen Heuffterrein.

3.3 Aanpassingen aan het watersysteem

Het ontwerp van de dijksterking GoWa heeft diverse raakvlakken met het oppervlaktewatersysteem. De raakvlakken zijn in hoofdlijn te verdelen in drie categorieën:

1. De versterkte dijk overlapt de watergang
2. De watergang ligt te dicht bij de dijk en is een gevaar voor de stabiliteit
3. De watergang is een risico voor het falen van de dijk door piping

De eerste twee categorieën staan uitgewerkt in paragraaf 3.3.1. De derde categorie, maatregelen tegen piping, staat uitgewerkt in paragraaf 3.3.2.

Daarnaast is voor twee locaties een maatwerkoplossing uitgewerkt. In paragraaf 3.3.4 staat de maatregel voor de demping bij dijkvak 13d uitgewerkt en in paragraaf 3.3.3 de ingreep bij dijkvak 2a.

Op de kaart "Ontwerp watersysteem" in het digitale projectplan staan de ingrepen in het watersysteem op kaart weergegeven. De detaillering van de ingrepen zoals de detail afwatering moeten nog nader worden uitgewerkt.

De uitgangspunten voor het ontwerp van het watersysteem voor GOWA staan uitgewerkt in de 'Technische Uitgangspunten Nota Watersysteem' (GO-WA-NOT-22234). Deze uitgangspunten zijn gebaseerd op de keur en de beleidsregels van waterschap Rivierenland.

3.3.1 Raakvlakken dijk met watersysteem

Op de locaties waar de verzwaarde dijk een watergang raakt of waar een watergang de stabiliteit van de dijk in gevaar brengt moet de watergang worden gedempt. Bij voorkeur wordt de watergang verplaatst zodat de afvoerende, afwaterende en bergingsfunctie van de watergang behouden blijft. In het ontwerp is per locatie een afweging gemaakt voor de beste oplossing.

In het ontwerp is gekozen voor demping van de watergang zonder teruglegging indien:

- Er onvoldoende ruimte is voor het verplaatsen van de watergang;
- De watergang na verlegging de dijkstabiliteit in gevaar brengt;
- Verlegging van de watergang onevenredig hoge kosten met zich meebrengt;
- Terugleggen niet zinvol is.

In het ontwerp worden maatregelen opgenomen om de afwaterende en eventuele afvoerende functie van de watergang te waarborgen. De demping mag niet leiden tot extra wateroverlast en het verlies aan berging wordt conform het beleid van het waterschap gecompenseerd.

Bij een verplaatsing van de watergang zijn dezelfde dimensies als het origineel gehanteerd tenzij het leggerprofiel maatgevend is, dan is het leggerprofiel aangehouden.

In tabel 3-2 staat een overzicht van de locaties waar een demping of verlegging van een watergang plaatsvindt. Op de kaart "Ontwerp watersysteem" zijn de locaties van de maatregelen te vinden.

Tabel 3-2: Overzicht watersysteem raakvlakken binnendijks (exclusief piping maatregelen en maatwerkoplossingen)

Objectcode	Dijkvak	Dijkpaal	Status watergang	Maatregel	Toelichting
WGD-A-001	2a	TG213-TG217	A	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk. Er is geen ruimte om de watergang mee te schuiven.	De omleiding van de afvoer staat toegelicht in paragraaf 3.3.3.
WGD-C-048	9b	TG385	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Kopsloot, terugbrengen niet mogelijk.
WGD-C-049	9b	TG387	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Kopsloot, terugbrengen niet mogelijk.
WGD-C-054	10b	TG397	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Watergang is in de praktijk niet aanwezig. Daarom is de watergang niet met de teen mee verplaatst.
WGD-B-055	10b	TG398	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Kopsloot, terugbrengen niet mogelijk.
WGD-B-056	10b	TG400	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Kopsloot, terugbrengen niet mogelijk.
WGD-C-059	12b	TG410	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Kopsloot in verbinding met teensloot
WGD-C-060	12b	TG410-TG412	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk. Meeschuiven met de teen niet mogelijk vanwege risico op piping.	Demping teensloot. Meeschuiven met de teen niet mogelijk i.v.m. risico op piping.
WGD-B-064	12g	TG422	B	De watergang schuift mee met de teen van de dijk.	Watergang verplaatsen, zie WGG-B-012 in Tabel 3-4.
WGD-B-071	13d	TG432-TG433	B	Demping B-watergang vanwege dijkstabiliteit. Afwatering wordt omgeleid via een nieuwe watergang.	De omleiding van de afvoer/afwatering staat toegelicht in paragraaf 3.3.4

De dijk raakt ook watergangen buitendijks. Dit is deels in buitenpolders en deels in uiterwaarden. In tabel 3-2 staat een overzicht van de locaties buitendijks waar een demping of verlegging van een watergang plaatsvindt. Buitendijks zijn geen uitgebreide maatwerkoplossingen of piping maatregelen voorzien.

Tabel 3-3: Overzicht watersysteem raakvlakken buitendijks

Objectcode	Dijkvak	Dijkpaal	Status watergang	Maatregel	Toelichting
WGD-G-004	5b	TG263	Geen	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Rand van plas in Crobsche Waard
WGD-C-013	5d	TG276	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Doodlopende kopsloot. Terugbrengen van de watergang is niet zinvol.
WGD-C-009	5d	TG275	C	Duiker in watergang	Nieuwe duiker onder oprit. Met code WG-DUN-C-015.
WGD-C-012	5d	TG276	C	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-C-004.
WGD-C-015	5d	TG278+50 – TG282	C	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-C-005
WGD-G-020	5d	TG285	Geen	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-C-006
WGD-C-039	8a	TG339-TG341	C	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-C-007
WGD-C-041	8a	TG342	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Rand van plas in Benedenwaarden.
WGD-C-042	8a	TG343+50	C	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-C-009
WGD-G-044	8a	TG344-TG346	Geen	Watergang meeschuiven met de teen van de nieuwe dijk	De nieuwe watergang heeft code WGG-G-009
WGD-C-051	10a	TG393-TG394	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Heuffterrein. Dit ontwerp staat nader toegelicht in paragraaf 6.4 van het ontwerp Projectplan Waterwet
WGD-C-105	10b	TG400-TG401	C	Demping watergang. De watergang valt binnen het ruimtebeslag van de dijk.	Zie hierboven
WGD-G-107	13d	TG432	Geen	De watergang schuift mee met de teen van de dijk.	Zie hierboven

Tabel 3-4: dimensies verschoven watergangen

Objectcode	Status	Peilvak	Zomer Peil [m+NAP]	Bodem hoogte [m+NAP]	Bodem breedte [m]	Talud	Lengte [m]	Toelichting
WGG-B-012	b	TLW607	-0,8	-0,8	0,5	2	45	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.
WGG-C-005	c	BPTW24	-	1,45-1,50	0,7	1,5	290	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.
WGG-G-009	Geen	Buitendijks	-	0,5	4	1,5	50	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale

								legger dimensies.
WGG-C-009	c	BPTW23	-	0,5	1	1,5	35	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.
WGG-C-006	c	Buitendijks	-	1,45	1,5	1,5	30	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.
WGG-C-007	c	BPTW23	-	1,1	0,5	1,5	35	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.
WGG-C-004	c	BPTW24	-	0,38	0,5	1,5	40	Bestand profiel teruggebracht. Dit voldoet aan de minimale legger dimensies.

Tabel 3-5: dimensies nieuwe duikers

Objectcode	Status	Peilvak	Winter Peil [m+NAP]	Diameter breedte/ Hoogte [m]	BOB [m+NAP]	Lengte [m]	Toelichting
WG-DUN-C-002	C	BPTW24	-	0,5	1,55	8	De buitenpolder heeft geen streefpeil. BOB 10cm boven het bodemniveau van de watergang.
WG-DUN-C-009	C	BPTW23	-	1,5/1,0	1,1	17	De Benedenwaarden heeft geen streefpeil. BOB >10cm boven het bodemniveau van de watergang. Diameter duiker ongewijzigd.
WG-DUN-C-015	C	BPTW24	-	0,5	10cm boven bodem	10	De buitenpolder heeft geen streefpeil. BOB 10cm boven het bodemniveau van de watergang.

De toetsing van de watergangen en duikers staat in Bijlage 2.

3.3.2 Piping maatregelen

Een aantal watergangen in de buurt van de dijk vormen een risico voor het faalmechanisme piping. Dit betekent dat er in de watergang een verhoogde kans is op het ontstaan van een zand meevoerende wel waardoor de dijk kan worden ondermijnd. De risico locaties zijn vastgesteld door geotechniek. In tabel 3-6 staat een overzicht van de toegepaste maatregelen in watergangen om piping te voorkomen.

Tabel 3-6: Maatregelen tegen piping in watergangen

Maatregel	Toelichting
<i>Dempen</i>	Dempen van de watergang tot maaiveld. De afvoerende, bergings- en afwaterende functie gaat verloren. De afvoerende functie kan in enkele gevallen behouden worden door het plaatsen van een duiker.
<i>Betonmat</i>	Aanbrengen van een harde bodem en oeverbescherming met een geotextiel (betonmat). Met deze maatregel behoudt de watergang de afvoer-, afwaterings- en bergingsfunctie en wordt voorkomen dat de bodem bij opbarsten uitspoelt. Deze maatregel is alleen ingezet in watergangen waar het waterschap zelf het beheer uitvoert (watergangen met een A-status) zodat het onderhoud van de maatregel is gewaarborgd.
<i>Peilopzet</i>	Lokale peilopzet zodat een minimum waterpeil is gegarandeerd waardoor een zand meevoerende wel niet kan ontstaan. Deze maatregel is niet op alle locaties toepasbaar. Met deze maatregel behoudt de watergang de afvoer-, afwaterings- en bergingsfunctie.

In overleg met het waterschap is per risicolocatie een oplossing gekozen. Bij watergangen met een afvoerende functie en een A-status is gekozen voor toepassing van een betonmat. Deze maatregel behoudt de afvoer, afwaterende en bergingscapaciteit van de watergang.

Voor de overige watergangen is in principe gekozen voor demping tenzij het garanderen van een minimaal peil mogelijk is. De lokale afwatering rondom de maatregelen wordt in een nader detaillering uitgewerkt. Het verlies aan berging wordt gecompenseerd conform het beleid van waterschap Rivierenland.

In het ontwerpproces is het aanbrengen van een grindfilter ook als maatregel overwogen. In dat geval zou op de bodem en oever van de watergang een grindfilter met daarin een geotextiel worden aangebracht. De beheerorganisatie van waterschap Rivierenland heeft bezwaar geuit tegen deze maatregel omdat bij regulier onderhoud (maaien en baggeren) het filter en/of het materieel kan beschadigen. Verder kan het waterschap in watergangen met een C-status het functioneren van het filter niet garanderen aangezien het waterschap deze watergangen niet actief schouwt.

In tabel 3-7 staat een overzicht van de locaties waar een piping maatregel in een watergang plaatsvindt. Op de kaart "Ontwerp watersysteem" zijn de locaties van de maatregelen te vinden.

Tabel 3-7: Overzicht watersysteem maatregelen tegen piping

Objectcode	Dijkvak	Dijkpaal	Status watergang	Maatregel	Toelichting
WGD-G-100	2a	TG217	Geen	dempen	De watergang wordt gedempt als maatregel tegen piping. De watergang heeft geen leggerstatus. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WSO-001	2a	TG215	Geen	peilopzet	De plas is een risico voor piping. Minimum benodigd peil: NAP +2,6m (0,5m onder maaiveld). Hiervoor wordt een drempel geplaatst tussen de plas en de A-watergang zodat bij hoogwater een minimum peil in de plas is gegarandeerd. Tijdens hoogwater vindt er kwel in de plas plaats. Deze plas heeft een cultuurhistorische status.
WG-DUN-C-001	2c	TG225	C	dempen	Watergang dempen en vervangen door een duiker. De watergang is een risico voor piping. Nieuwe duiker via put aansluiten. De nieuwe duiker heeft een lengte van 30m en een diameter van 0,5m. Het gebied dat via de duiker afwatert is 1,5ha.
WGD-C-101/ WGD-C-102	3a	TG227+50	C	dempen	Dempen watergang vanwege risico op piping. De watergang heeft een C leggerstatus. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WSO-002	3d	TG241	A	betonmat	Deze locatie is een risico voor piping. De watergang heeft een afvoerende functie die behouden moet blijven. De taluds en

					bodem worden bekleed met een betonmat en geotextiel zodat een zand meevoerende wel wordt voorkomen.
WGD-C-103	5e	TG286	C	dempen	De watergang wordt gedempt als maatregel tegen piping. De demping betreft de kop van een doodlopende sloot. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WSO-003	7e	TG310+50	A	betonmat	Deze locatie is een risico voor piping. De taluds en bodem worden bekleed met een betonmat en geotextiel zodat een zand meevoerende wel wordt voorkomen.
WGD-C-104	8d	TG369+50	C	dempen	De watergang wordt gedempt als maatregel tegen piping. De demping betreft de kop van een doodlopende sloot. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WGD-C-108	8d	GT363+50	Geen	dempen	De watergang wordt gedempt als maatregel tegen piping. De demping betreft de kop van een doodlopende sloot. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WGD-C-109	8d	TG363+00	C	dempen	De watergang wordt gedempt als maatregel tegen piping. De demping betreft de kop van een doodlopende sloot. De lokale afwatering moet nader worden gedetailleerd.
WGD-C-061	12b	TG412	C	dempen	Demping watergang. De watergang is een risico voor piping. De demping is aansluitend aan de teensloot. De watergang kan via de noordzijde afwateren.
WSO-004 / WSO-005	13d	TG433-TG435	A	betonmat	Deze locatie is een risico voor piping. De watergang is heeft een afvoerende functie die behouden moet blijven. De taluds en bodem worden bekleed met een betonmat en geotextiel zodat een zand meevoerende wel wordt voorkomen.

Alle maatregelen worden gedimensioneerd en gevalideerd aan de keur en de beleidsregels van WSRL. De afwatering van de percelen grenzend aan de maatregelen blijft gewaarborgd. Dit wordt meegenomen in de nadere detaillering van het ontwerp door bijvoorbeeld de aanleg van een greppel of drainage voorziening.

3.3.3 Omleiding door demping dijkvak 2a

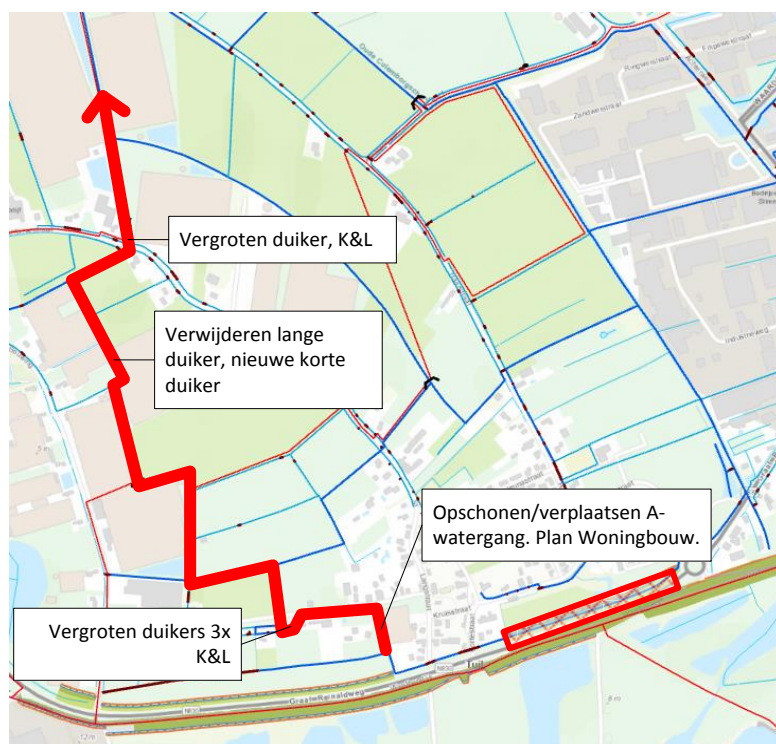
De watergang achter dijkvak 2a moet worden gedempt vanwege de stabiliteit van de waterkering. De watergang grenst aan percelen langs de Haarstraat in Tuil. De hoofdfunctie van de watergang is kwelafvoer.

In overleg met het waterschap zijn verschillende oplossingen beschouwd. De demping van de watergang is echter noodzakelijk en het is niet mogelijk de afvoerende functie van de watergang te behouden door de invloed van de watergang op de stabiliteit van de dijk en de beperkte ruimte door de ligging van een plas met cultuurhistorische status. Het enkele meters verplaatsen van de watergang is geen oplossing.

Voor het waarborgen van de afvoer van de te dempen watergang zijn in hoofdlijn twee oplossingen mogelijk, afvoer via het stedelijk gebied van Tuil of afvoer via het landelijke gebied te westen van Tuil. Er is gekozen voor de laatste omdat afvoer via het stedelijk gebied ongewenst is vanwege bestaande wateroverlast problematiek.

Voor het waarborgen van de afwatering van de percelen die grenzen aan de demping moeten voorzieningen worden getroffen. Dit moet nog nader worden uitgewerkt. Voorbeelden van oplossingen zijn de aanleg van een greppel of een drainage voorziening.

Door de demping moet de afvoer van een afwaterend gebied van 11,5ha worden omgeleid. De omleidingsroute staat weergegeven in figuur 3.6.



Figuur 3.6: Omleidingsroute afwatering door demping bij dijkvak 2a

De maatregelen bestaan uit het verwijderen van lokale knelpunten in het watersysteem. De omleidingsroute bestaat uit de volgende maatregelen:

- Bij de Melssinghreef in Tuil zijn plannen voor woningbouw op de locatie van een kas. In dit plan wordt een leggerwatergang met A-status gedempt en enkele meters verderop nieuw gegraven. Het ontwerp bestemmingsplan dateert van 2015. Het is niet bekend wanneer dit plan wordt uitgevoerd. In het ontwerp van de projectontwikkelaar staat de nieuwe watergang aan de zuidkant niet in verbinding staat met het watersysteem. Voor de omleidingsroute is de verbinding van deze nieuwe watergang met het watersysteem noodzakelijk. Hiervoor gaat het project in overleg met de projectontwikkelaar. De watergang moet voldoen aan de minimale dimensies voor een A-watergang conform de keur van het waterschap.
- De kruising van de A-watergang met de Melssinghreef is een knelpunt in het huidige watersysteem. De bestaande duikers hebben een kleine diameter en/of liggen te laag. De duikers worden vergroot tot rond 1000mm. Hier liggen tevens een geboorde Vitens leiding, een gasleiding en enkele kabels. De Vitens leiding blijft ongemoeid. De gasleiding en kabels worden verlegd of gezinkerd.
- Ter plaatse van Bouwing 6 te Tuil ligt een 50 meter lange krappe duiker op een particulier terrein. De duiker wordt verwijderd en de watergang wordt open gegraven. In ruil voor het open graven van de duiker wordt een doodlopende B-watergang op het perceel gedempt.
- De duiker onder de St. Anthoniestraat te Tuil is onder gedimensioneerd. De capaciteit wordt vergroot door het vergroten van de huidige duiker. Deze keuze is afhankelijk van de ligging van de kabels en leidingen.

Door de bodemligging van de watergangen zal het water onder vrij verval de gewenste afvoerroute volgen. De dimensies van de watergangen en duikers staan in Tabel 3-8 en Tabel 3-9

Tabel 3-8: dimensies watergangen

Objectcode	Status	Peilvak	Zomer Peil [m+NAP]	Bodem hoogte [m+NAP]	Bodem breedte [m]	Talud	Lengte [m]	Toelichting
WGG-A-002	A	TLW513	1.8	1.65	1	2	100	Betreft minimale dimensies. Dimensies nader af te stemmen met projectontwikkelaar. Watergang meestal droog, kwel gevoed.
WGG-A-003	A	TLW512	1.3	0.57	0.8	2	75	Watergang ter plaatse van verwijderde duiker. Profiel conform legger.

Tabel 3-9: dimensies duikers

Objectcode	Status	Peilvak	Zomer Peil [m+NAP]	Diameter/ breedte* Hoogte [m]	BOB [m+NAP]	Lengte [m]	lucht [m]	Toelichting
WG-DUN-A-005	A	TLW513	1.8	1	1.7	10	>0.25m	Watergang meestal droog, kwel gevoed.
WG-DUN-A-006	A	TLW513	1.8	1	1.7	10	>0.25m	Watergang meestal droog, kwel gevoed.
WG-DUN-A-004	A	TLW513	1.8	1	1.7	10	>0.25m	Watergang meestal droog, kwel gevoed.
WG-DUN-A-008	A	TLW512	1.3	1,25 * 1	0.55	14	0.25	Vergroten bestaande duiker

Voor de afwatering van de percelen bij de demping van dijkvak 2a wordt aan de teen van de dijk een drainage voorziening gerealiseerd. Dit ontwerp moet nog nader worden gedetailleerd.

De uitwerking van deze maatregel staat in meer detail beschreven in document GO-WA-NTT-24047

3.3.4 Omleiding door demping Dijkvak 13d

De watergang achter de dijk bij dijkvak 13d brengt de macrostabiliteit van de waterkering in gevaar. Deze watergang grenst aan een perceel met een landgoedstatus. Het enkele meters verplaatsen van de watergang is geen oplossing voor het stabiliteitsprobleem. Daarom zijn verschillende oplossingsrichtingen onderzocht. Een overzicht van de overwogen varianten staat in Tabel 3-10.

Tabel 3-10: Overwogen watersysteem maatregelen

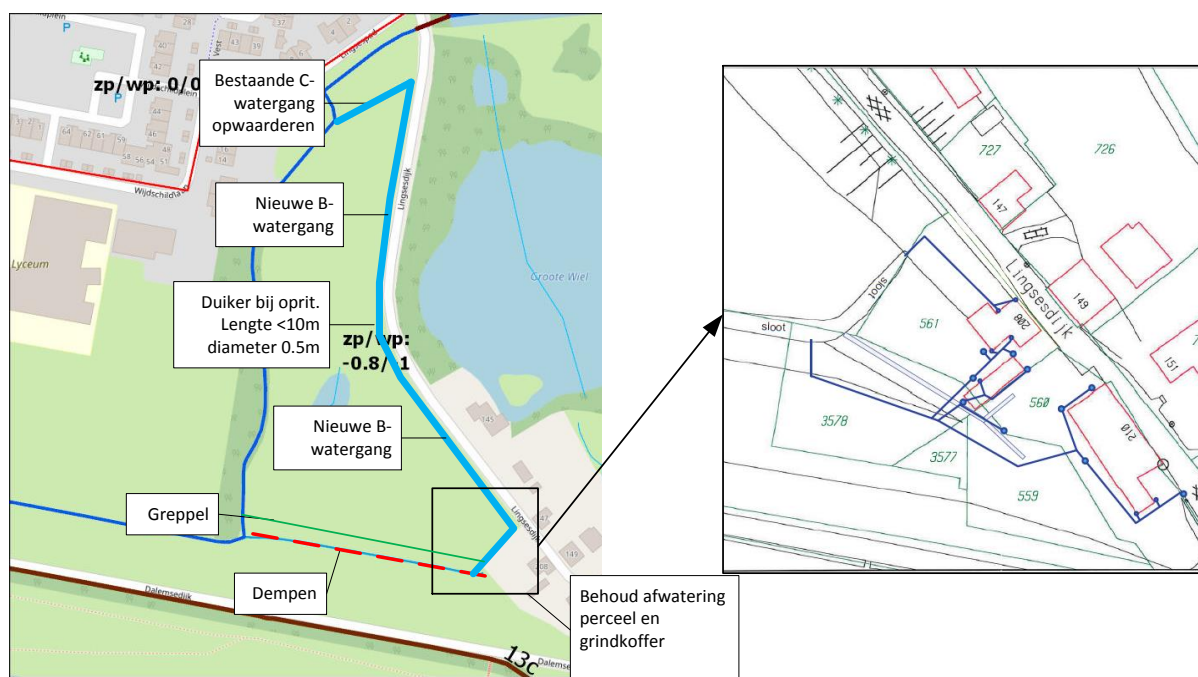
	Oplossingsrichting	Afweging
A	Watergang teen dempen zonder extra maatregelen	De watergang is noodzakelijk voor de afwatering van de omliggende percelen. De doorlatendheid van de bodem is laag (klei). Deze variant is niet haalbaar zonder aanvullende voorzieningen.
B	Watergang teen opschuiven van dijk af	Voor het waarborgen van de stabiliteit moet de watergang tiental(len) meter worden opgeschoven. Hierdoor wordt het perceel in tweeën gedeeld. Dit is onwenselijk. De maatregel voorziet wel in de afwatering.
C	Watergang teen dempen en afvoer omleiden langs Lingsedijk	Langs de Lingsedijk ligt een greppel die uitmondt in een A-watergang. Door deze watergang op te waarden kan na demping de afvoer worden omgeleid. Variant kan voorzien in de waterafvoer.
D	Watergang teen dempen en aanleg drainage	Drainage vergt regulier onderhoud en is daarmee onderhoud intensiever dan een watergang. Door de weerstand van de drainage is de waterstand bij de percelen (waar in huidige situatie al wateroverlast is) per definitie hoger dan in de huidige

		situatie. Dit leidt tot extra overlast. Deze maatregel is niet gewenst vanuit beheer en onderhoud.
E	Watergang teen dempen en aanleg grindkoffer	Als het bestaande slootprofiel gevuld wordt met zeer grof grind is het waterstandsverhang bij de benodigde afvoercapaciteit te groot waardoor extra wateroverlast ontstaat. Deze maatregel is niet gewenst vanuit beheer en onderhoud.
F	Watergang teen dempen en afvoer omleiden naar Wiel	Om de watergang te verbinden met het Wiel moet een duiker onder de Lingsesdijk worden geplaatst. Dit is realiseerbaar ten noorden van Lingsesdijk 145. Dit betekent dat de maatregel bestaat uit een greppel parallel aan de Lingsesdijk tot de duiker. De duiker heeft een lengte van minimaal 40 meter. Het wiel is via een duiker verbonden met een A-watergang. Deze duiker moet waarschijnlijk worden vergroot bij een toename van de afvoer. Mogelijk moet de watergangstatus van het wiel opgewaardeerd worden naar B. De variant kan voorzien in de waterafvoer.

De varianten C en F kunnen voorzien in de waterafvoer. Er is gekozen voor variant C omdat de uitvoering van variant C veel minder complex is dan variant F.

De ingreep staat schematisch weergegeven in Figuur 3.7. De opgewaardeerde greppel staat aan de noordzijde via een C-watergang in verbinding met het hoofdwatersysteem. Door de greppel en de C-watergang op te waarden naar B-status kunnen het landgoed en de aangrenzende percelen hierlangs afwateren. Afvoer is mogelijk onder vrij verval.

Aan de teen van de berm van de waterkering wordt een greppel aangebracht voor afwatering van het talud en de provinciale weg.



Figuur 3.7: Ingreep watersysteem bij dijkvak 13d met een uitsnede van de hemelwaterafvoer

Toelichting:

- Huidige B-watergang langs de dijk dempen.

- Ligging nieuwe watergang zoals ingetekend in de figuur (langs perceelgrens en Lingsesdijk). Dit is een bestaande greppel en aan het einde een stukje C-watergang. De bestaande C-watergang aan de noordkant wordt opgewaardeerd naar status B.
- De nieuwe watergang heeft de volgende dimensies: bodemhoogte NAP +0,2m, bodembreedte 0,5m, taluds aan weerszijden 1:1,5 (klei).
- Bij de oprit halverwege de watergang een duiker plaatsen, diameter 500mm. Lengte 10 meter. Hoogteligging BOK NAP +0.4m.
- Behoud van de perceelafwatering via buizen én grindkoffer zoals uitgelicht in de figuur.
- Aan weerszijden van de watergang een beschermingszone van 1 meter t.o.v. de insteek.
- De nieuwe watergang heeft de status B omdat meerdere eigenaren afwateren op deze watergang
- De watergang ligt op voldoende afstand van de bomen om blad in de watergang te voorkomen.
- De greppel aan de teen van de berm van de waterkering heeft een diepte van 30cm, bodembreedte van 30cm en taluds van 1:1.
- Het waterpeil ter plaatse van de ingreep is NAP +0,7m. Dit is hoger dan vermeld in het peilbesluit voor peilvak TLW607. Het proces om het peilbesluit te updaten loopt.

De dimensies van de watergang en duiker staan weergegeven in Tabel 3-8 en Tabel 3-9.

Tabel 3-11: dimensies watergangen

Objectcode	Status	Peilvak	Zomer Peil [m+NAP]	Bodem hoogte [m+NAP]	Bodem breedte [m]	Talud [1:n]	Lengte [m]	Toelichting
WGG-B-009	B	TLW607	0.7	0.2	0.5	1.5	240	Nieuwe watergang

Tabel 3-12: dimensies duikers

Objectcode	Status	Peilvak	Winter Peil [m+NAP]	Diameter/ breedte* Hoogte [m]	BOB [m+NAP]	Lengte [m]	lucht [m]	Toelichting
WG-DUN-B-010	B	TLW607	0.7	0.5	0.4	10	0.20	Duiker ter plaatse van oprit

De uitwerking van deze maatregel staat in meer detail beschreven in document GO-WA-NTT-23874.

4 Geohydrologische effecten ingrepen

4.1 Dijkversterkingsmaatregelen

4.1.1 Binnendijk

De dijkverbetering bestaat deels uit het verzwaren van de dijk aan de binnendijkse kant. De verzwaring betekent dat het maaiveld ter plaatse van de dijk hoger wordt. Alleen als in deze zone in de oorspronkelijke situatie kwel optreedt tijdens hoogwater zal deze kwelzone verplaatsen van de dijk af. Vaker zal de kwel afgevangen worden door een kwelsloot. Deze zal in verband met de dijkverzwaring verplaatst worden. Op het verplaatsen van sloten wordt in Hoofdstuk 3.3 en 5 ingegaan. Er wordt verwacht dat de dijkverzwaring zelf geen significante effecten heeft op de grondwatersituatie in het watervoerend pakket, alleen in de deklaag als sprake is van het verleggen van sloten.

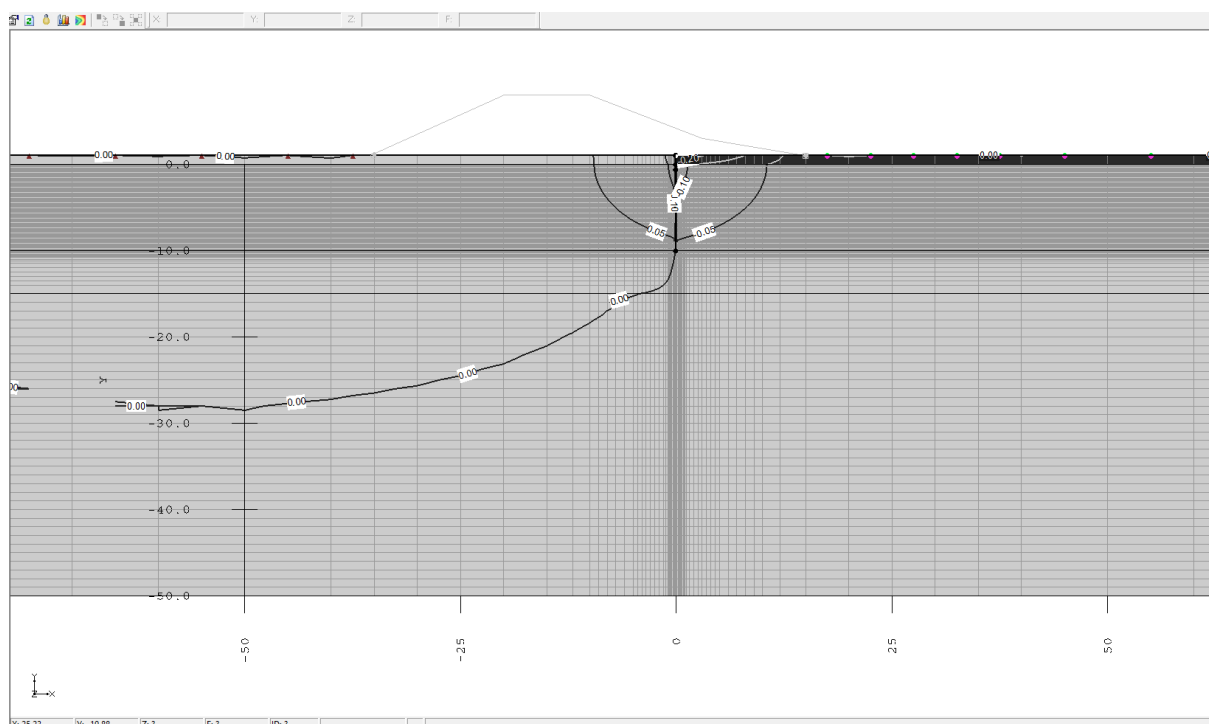
4.1.2 Buitendijks

De dijkverbetering bestaat deels uit het verzwaren van de dijk buitendijks. De verzwaring betekent dat het maaiveld ter plaatse van de dijk hoger wordt en er meer weerstand is tegen infiltratie bij hoogwatersituaties. De infiltratie zal ter plaatse van de dijkversterking verminderen. Het betreft een smalle zone langs de dijk waardoor de stijghoogte ter plaatse van de dijk niet significant zal worden beïnvloed. Het betreft in ieder geval een verlaging, wat gunstig is voor de dijkconstructie.

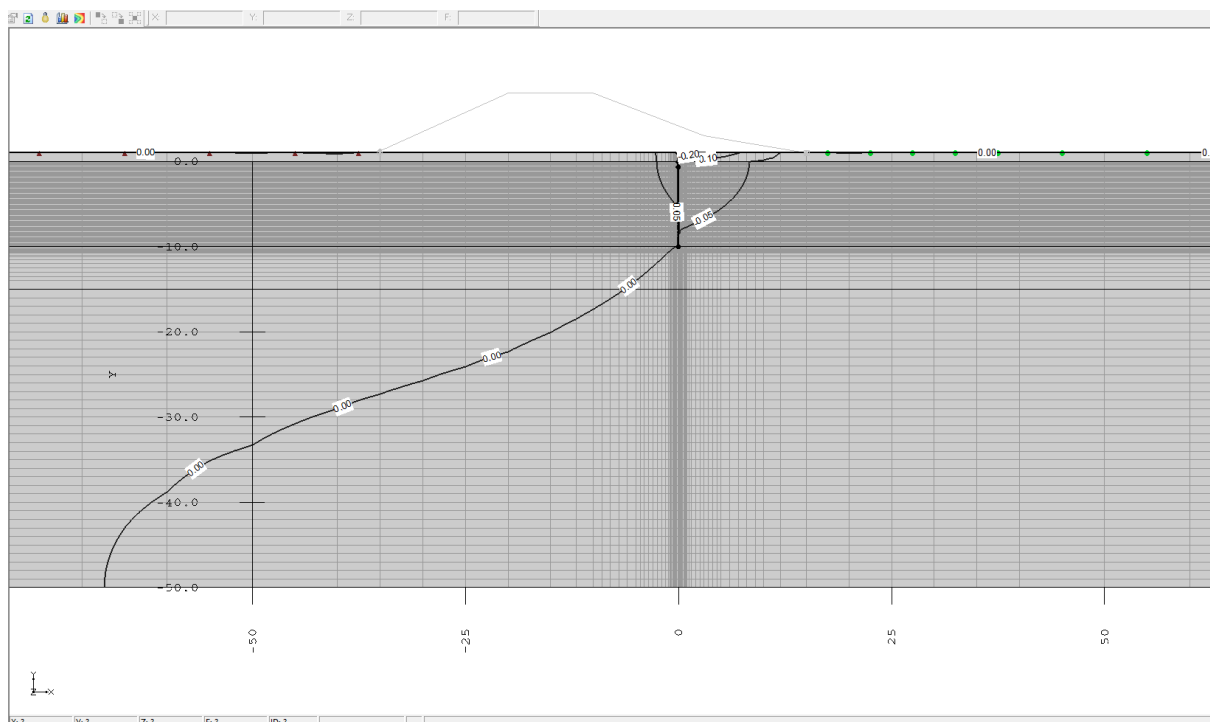
4.1.3 Langsconstructie

Met een lengteprofielberekening met een doorsnede-model zijn de effecten van een 10 meter diepe damwand bij een $T=10$ hoogwater in het eerste watervoerend pakket bepaald voor twee verschillende sets bodemparameters (zie Hoofdstuk 3.1.1–Tabel 3-1). In Figuur 4.1 is het effect van de damwand op de stijghoogte in het watervoerend pakket weergegeven met een heterogene bodemopbouw (doorlatendheid van 0 tot -15 m: $k_h=5$ m/dag, $k_v=2,5$ m/dag doorlatendheid van -15 m tot -50 m: $k_h=50$ m/dag, $k_v=25$ m/dag). In Figuur 4.2 is het effect van de damwand op de stijghoogte in het watervoerend pakket weergegeven met een homogene bodemopbouw (doorlatendheid $k_h=50$ m/dag, $k_v=25$ m/dag).

In beide figuren is de 0 (nul) lijn terug te vinden, de grens tussen waar verhoging en verlaging van de stijghoogte optreedt. Deze lijn loopt vanaf de onderkant van de damwand op MV -10 meter naar links weg tot een niveau van MV -30 meter. Links van de lijn, aan de rivierzijde vindt bij de dijk een verhoging van 5 – 10 cm plaats en aan de binnenzijde, rechts van de lijn bij de dijk een verlaging van 5 – 10 cm. De verhoging blijft beperkt tot een zone binnen het dijkprofiel, hierdoor is effect in het voorland verwaarloosbaar klein en bij de binnentoe minder dan 5 centimeter. Dit laat zien dat damwanden geen significant effect hebben op de stijghoogte in het eerste watervoerend pakket. Vanwege de zeer beperkte effecten op het eerste watervoerend pakket is het effect van de langsconstructies niet aanvullend bepaald met het geohydrologisch model MORIA.



Figuur 4.1: Berekende veranderingen van de stijghoogte (m) als gevolg van plaatsen damwand tot 10 m in het zand (heterogene bodemopbouw).



Figuur 4.2: Berekende veranderingen van de stijghoogte (m) als gevolg van plaatsen damwand tot 10 m in het zand (homogene bodemopbouw).

4.2 Ingrepen uiterwaarden

De vier typen ingrepen in de uiterwaarden zijn per hydrologische situatie beschouwd.

4.2.1 Hoogwater

Stijghoogte

Tijdens hoogwater loopt het merendeel van de uiterwaarden onder water. In de Woelse Waard is bij de westelijke strang een verhoging van de stijghoogte met 0,05 – 0,10 m berekend. Doordat deze strang nieuw wordt gegraven, neemt de weerstand van de deklaag hier af. In het Holoceen is een diepe en ondiepe weerstandslaag gemodelleerd. De strang doorsnijdt alleen de ondiepe weerstandslaag. In het westelijk deel van de strang is geen diepe weerstand aangenomen (de verbreiding van de diepe weerstand is onzeker). Hierdoor vindt er in het westelijk deel meer uitwisseling plaats tussen de strang en het eerste watervoerende pakket.

In de uiterwaard van Herwijnsse Bovenwaard is ter plaatse van de nieuw gegraven strang een verhoging van de stijghoogte van 0,10 – 0,20 m berekend. Bij deze strang neemt de weerstand van de deklaag af, omdat voor deze strang de huidige toplaag wordt afgegraven. Hierdoor vindt meer uitwisseling plaats tussen de strang en het eerste watervoerende pakket. Binnendijks heeft dit een verhoging van 0,05 – 0,10 m van de stijghoogte tot gevolg.

In de Cropsche Waard zal de bestaande zandwinplas uitgebreid worden. Hiervoor vindt ook een verplaatsing van de zomerkade plaats. De nieuwe zandwinplas wordt circa 10 meter diep en zal door de deklaag heen snijden. Hierdoor vindt meer interactie plaats tussen de uitgebreide plas en het eerste watervoerende pakket. Een verhoging van de stijghoogtes wordt berekend rondom de plas. Echter deze verhoging heeft geen effect op de binnendijkse stijghoogte.

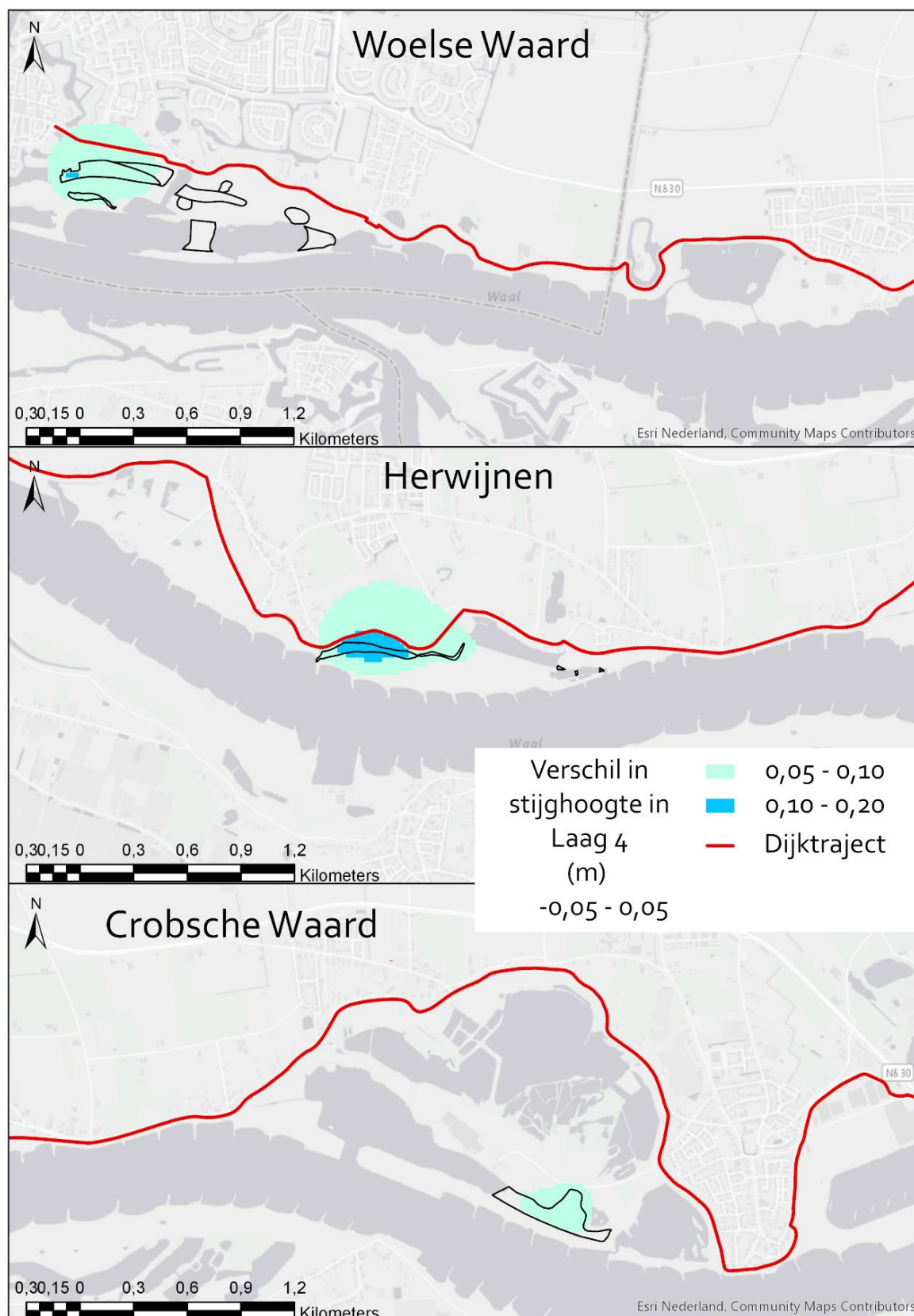
Grondwater

In de Woelse Waard zijn effecten van de vergravingen op de grondwaterstand niet tot nauwelijks zichtbaar. De horizontale doorlatendheid is te beperkt om effecten via de deklaag zelf te veroorzaken². Effecten op de grondwaterstand binnendijs ontstaan via het eerste watervoerend pakket en de effecten op de stijghoogte ter plaatse van Woelse Waard zijn al gering vanwege de aanwezige weerstand in de bodem. Daar waar minder weerstand in de bodem aanwezig is, zijn effecten in het eerste watervoerend pakket zichtbaar, welke een beperkt effect op de grondwaterstand veroorzaken.

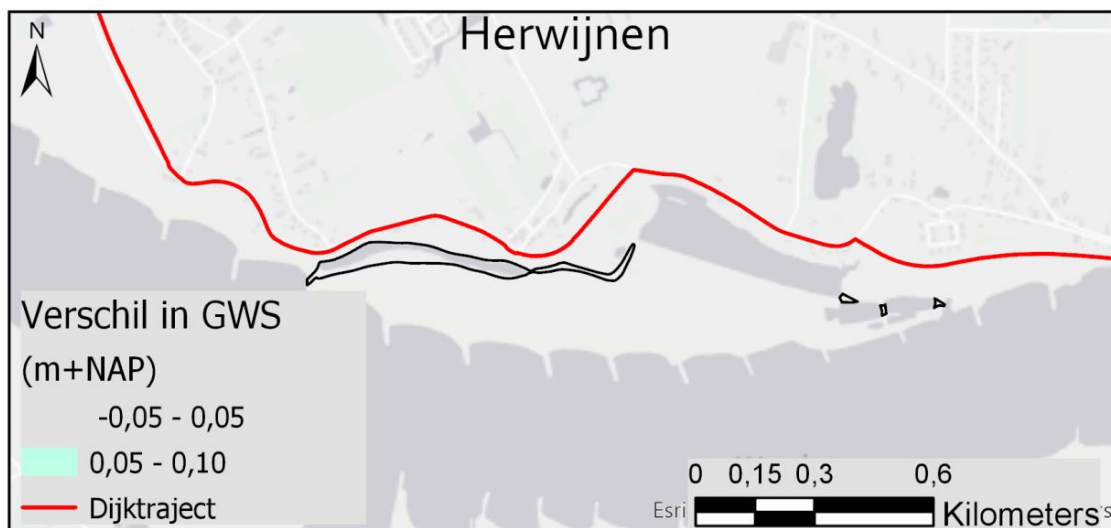
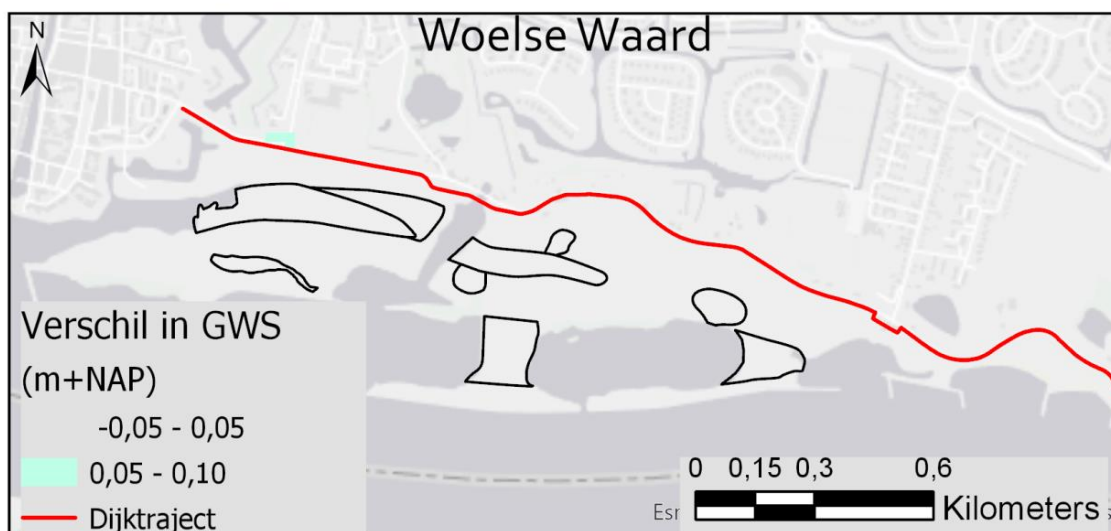
Ter plaatse van het Heuffterrein berekent het geohydrologisch model effecten. Deze worden veroorzaakt doordat het Heuffterrein in de toekomstige situatie inundeert, wat in de huidige situatie niet het geval was. Dit verschil in inundatie treedt op als de rivierstand boven maaiveld uitkomt en onder de zomerkade blijft (circa 5,30 m+NAP). Indien het rivierpeil boven de zomerkade uitkomt, is er geen effect meer omdat het Heuffterrein dan in beide situaties inundeert. Dit effect is een gewenst gevolg van het doorsteken van de zomerkade. Er worden geen andere effecten op de grondwaterstand verwacht rondom het Heuffterrein.

Verder geeft Figuur 4.4 weer dat de effecten van de gegraven strangen en laagtes bij Herwijnen en Crowsche Waard op de grondwaterstand klein zijn. Binnendijs is er geen effect zichtbaar van de vergravingen op de grondwaterstand. Dit komt door de dikte van de deklaag en de verbreiding van de effecten.

² Lokaal komen tussenzandlagen voor. Deze zijn alleen bij de Woelse Waard buitendijs meegenomen.



Figuur 4.3: Het effect op de stijghoogte tijdens hoogwater veroorzaakt door de uiterwaarden vergravingen.



Figuur 4.4: Het effect op de grondwaterstand tijdens hoogwater veroorzaakt door de uiterwaarden vergravingen.

Kwel

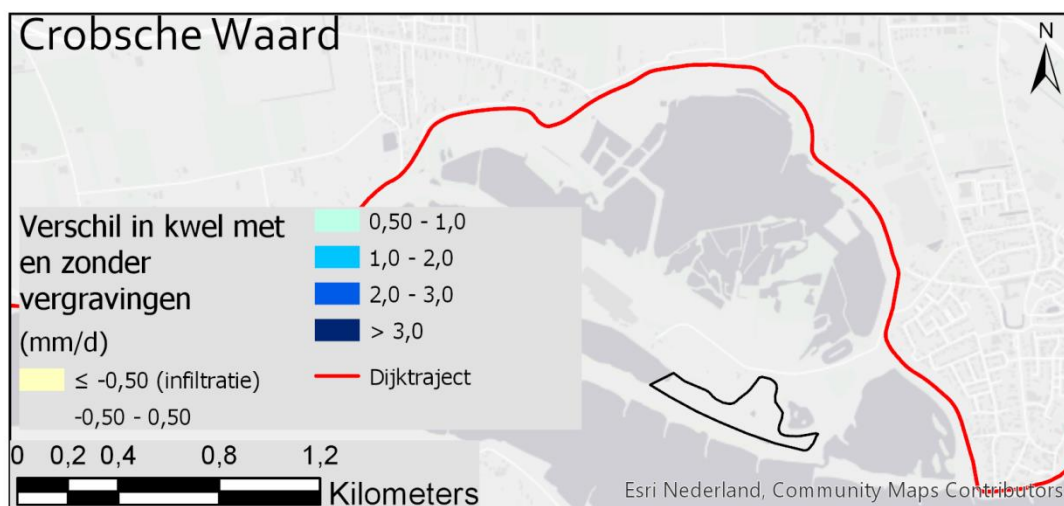
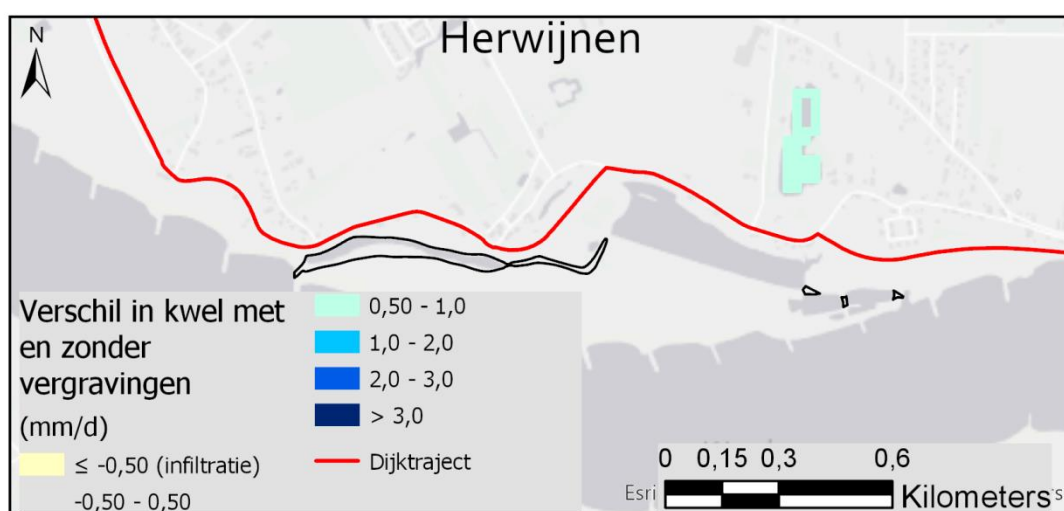
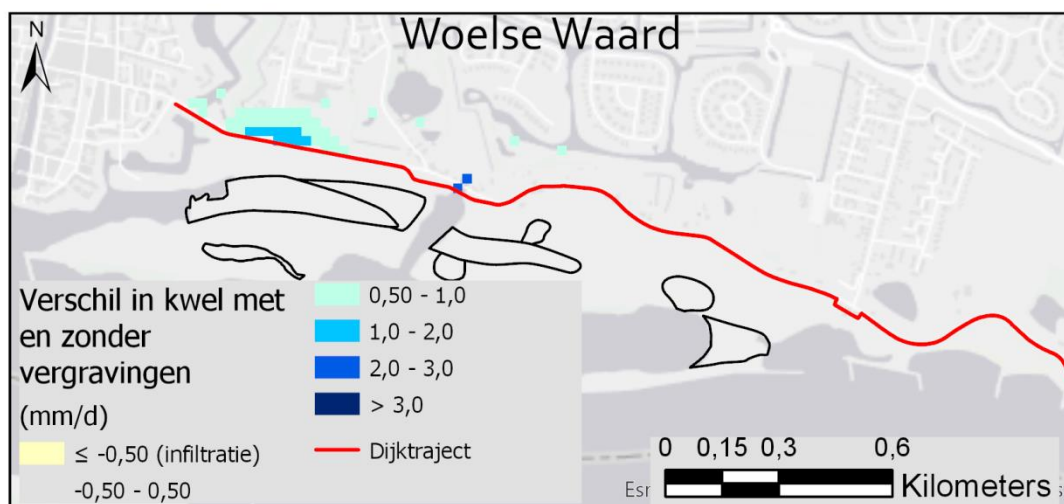
De figuren 4.5 en 4.6 laten verandering in kwelflux en afvoer zien tijdens hoogwater. Hierbij valt vooral op dat de effecten optreden in de wielen en plassen, welke in verbinding staan met het eerste watervoerend pakket. Daarbuiten komt lokaal nabij de Woelse Waard en Herwijnense Bovenwaard een verhoogde kwelflux voor. Bij het Heuffterrein neemt de kwel niet of zeer beperkt toe. Echter zorgt de huidige schematisatie van de dijk ervoor dat er binnendijkse effecten worden berekend, die niet representatief zijn. Daarom is voor de bepaling van de kwelflux de ingreep op het Heuffterrein niet meegenomen. De verandering van de kwel is in Tabel 4-1 per peilvak weergegeven. In totaal neemt de kwelflux tijdens een T=10 hoogwater met 277,5 m³/dag toe (verdeeld over alle peilvakken achter de dijk). Conform de richtlijn toetsing kwel en wegzijging is deze flux vertaald naar een compensatieopgave; verandering (m³/d) keer 10 keer 2/3 = compensatieopgave.

Tabel 4-1: Verandering van de kwelflux per peilvak tijdens een T=10 hoogwater situatie

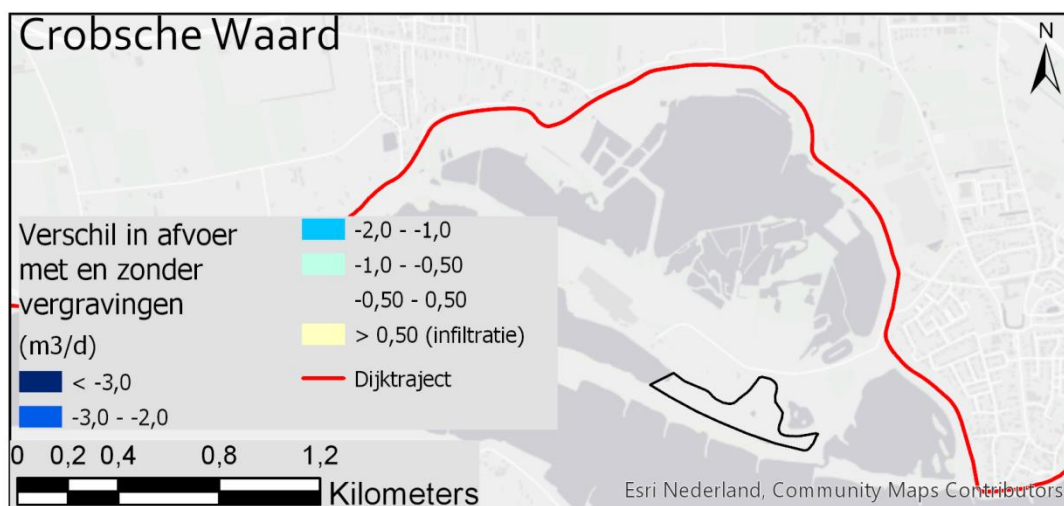
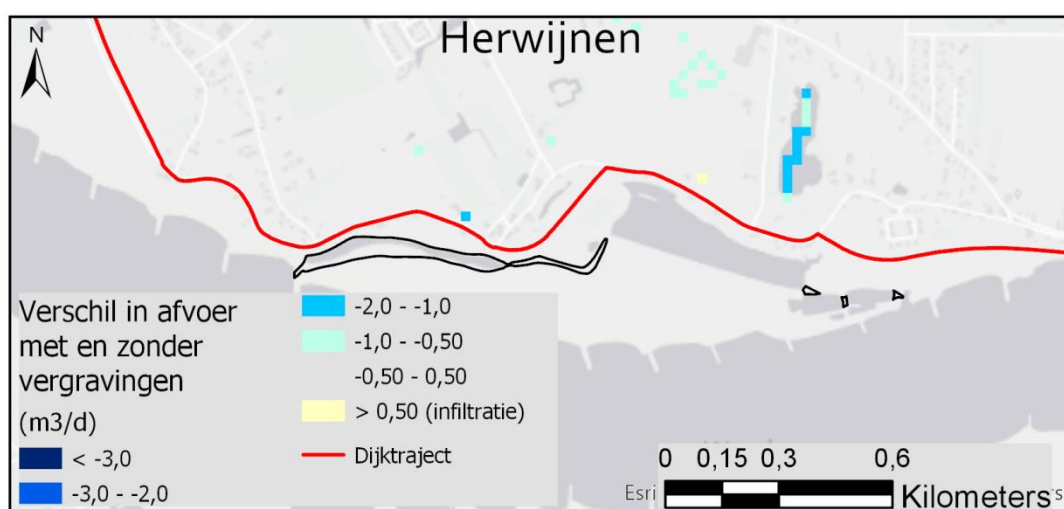
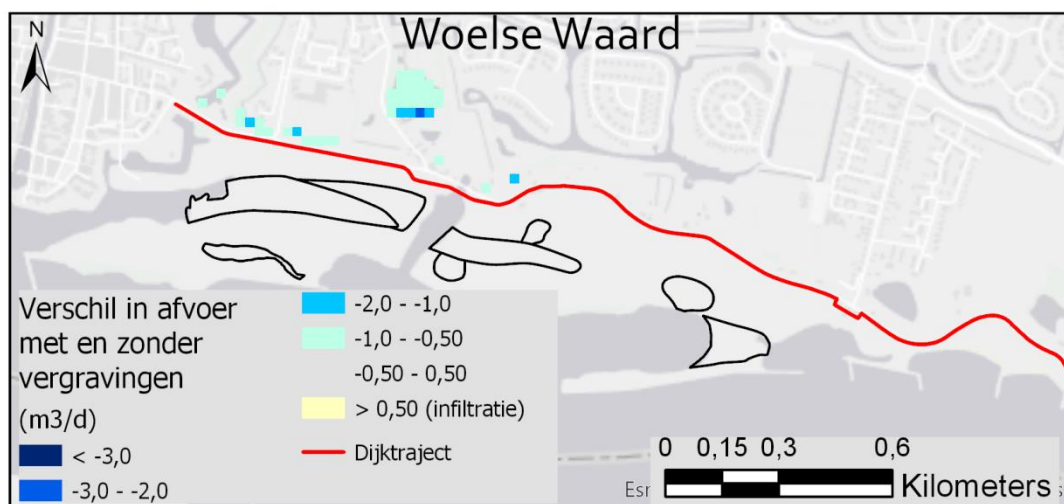
Peilvak	Verandering in mm/d	Verandering in m ³ /d	Compensatieopgave (m ³)
TLW513	0,0009	2,6	17
TLW512	0,0018	6,6	44
TLW505	0,0049	9,1	61
TLW503	0,0034	5,7	38
TLW614	0,0105	14,8	99
TLW613	0,0760	89,6	597
TLW612	0,0090	1,0	7
TLW615	0,0055	29,3	195
TLW616	0,00115	21	141
TLW609	0,00042	0,02	0
TLW608	0,02112	1,6	11
TLW603	0,00131	7,0	47
TLW607	0,0532	56,5	377
TLW606	0,0379	13,6	91
TLW604	0,0064	19,1	127
Totaal		277,52	1852

De toename van afvoer wordt gecompenseerd door extra berging in het gebied te realiseren. Dit is in Hoofdstuk 7 beschreven.

De grondwaterstroming vanuit de rivier neemt heel beperkt toe, waardoor er iets meer rivierwater in het grondwater komt. De toename is zeer beperkt, dat betekent dat de grondwaterkwaliteit ook niet significant verandert.



Figuur 4.5: Het binnendijkse effect op de kwelflux tijdens hoogwater veroorzaakt door de vergravingen in de uiterwaarden.



Figuur 4.6: Het binnendijkse effect op de afvoer tijdens hoogwater veroorzaakt door de vergravingen in de uiterwaarden

4.2.2 Laagwater

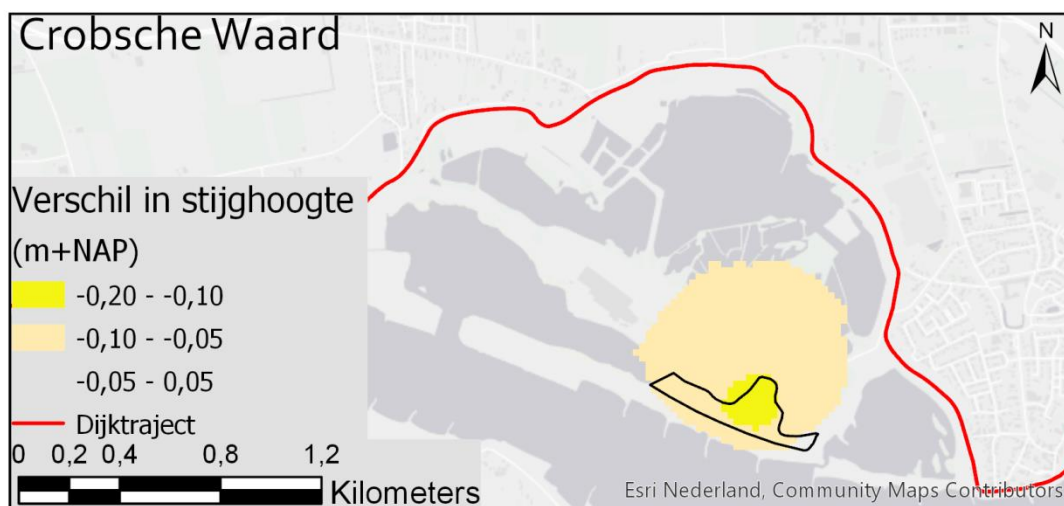
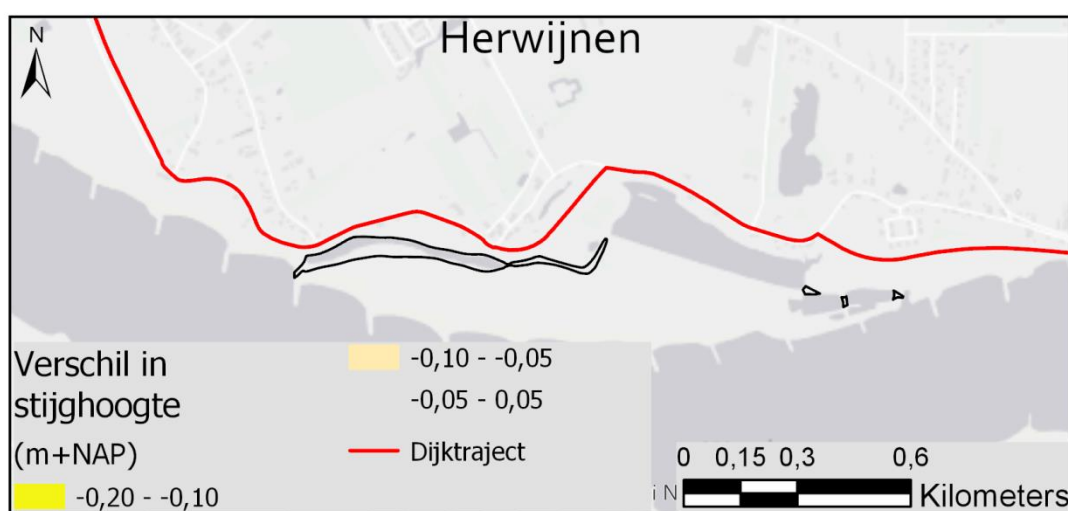
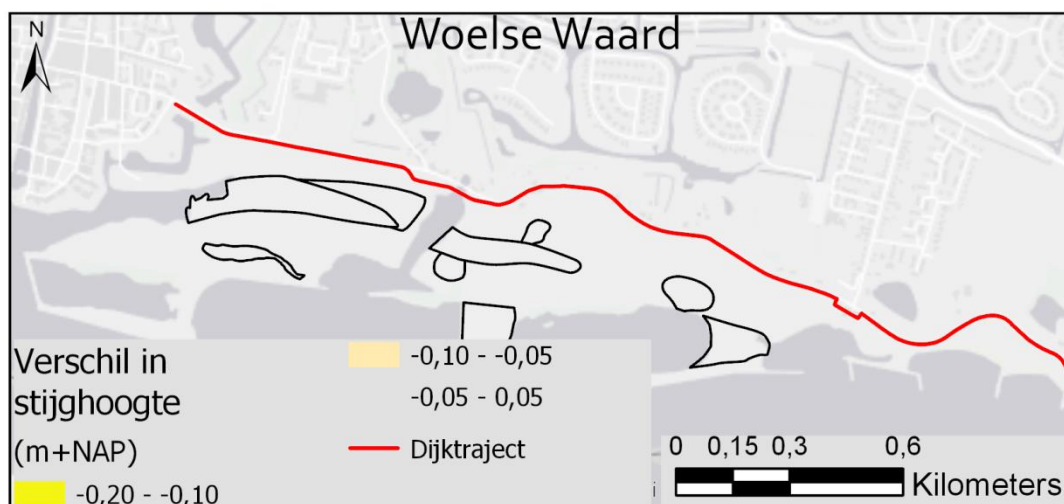
Stijghoogte

In de laagwatersituatie (Figuur 4.7 en Figuur 4.8) zijn er bij de Woelse Waard, het Heuffterrein en Herwijnen geen effecten van de vergravingen op de stijghoogte zichtbaar. Bij de verlengde zandwinplas in de Crobsche Waard zijn verlagingen van 0,05 – 0,20 m berekend. Op deze locatie is de zomerdijk verplaatst en de nieuwe plas is aangetakt aan de rivier, waardoor de stijghoogte veel sterker met de dynamiek van de rivier meebeweegt. Aangezien het rivierpeil in laagwatersituaties lager is dan de grondwaterstand en de stijghoogte in de nieuwe situatie het rivierpeil directer volgt, neemt de stijghoogte ter plekke van de nieuwe plas af. In het westen van het projectgebied staat het rivierpeil onder grotere invloed van het zeepeil en zakt het rivierpeil tijdens laagwater minder ver weg.

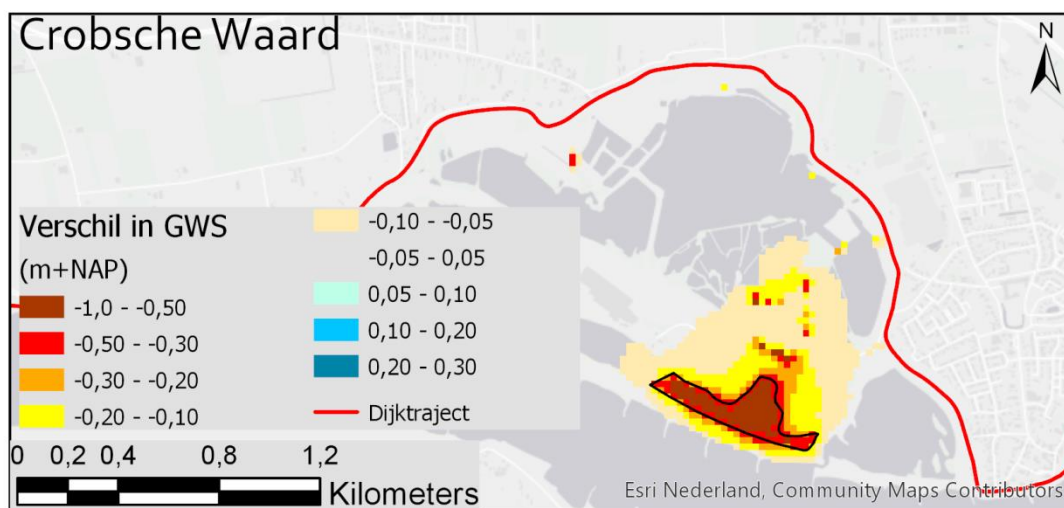
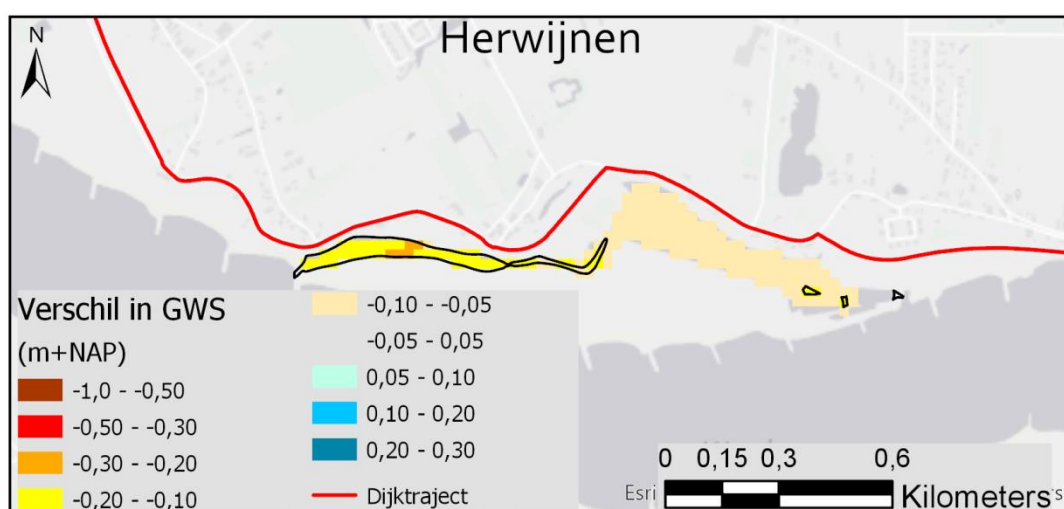
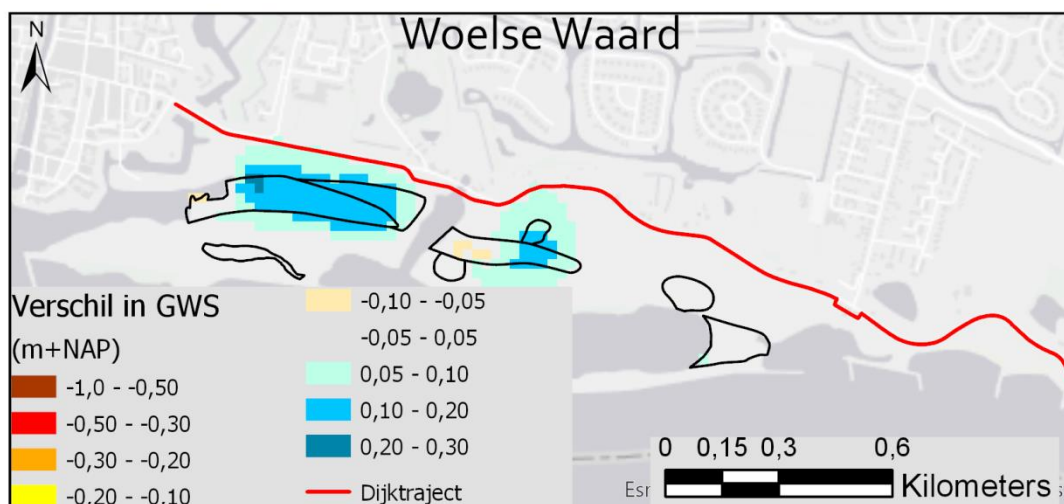
Grondwaterstand

Op alle locaties zijn ter plaatse van de uiterwaardvergravingen grondwatereffecten zichtbaar. Dit wordt veroorzaakt doordat er in de huidige situatie geen water staat en in de toekomst wel. In de Woelse Waard stijgt de grondwaterstand, omdat het rivierpeil tijdens laagwater hoger is dan de binnendijkse grondwaterstand. In de huidige situatie neemt de freatische grondwaterstand tussen de Merwede en binnendijkse gebied geleidelijk af. In de toekomstige ligt de strang met het hogere peil hier nog tussen. Hierdoor neemt vooral ter plaatse van de strangen de grondwaterstand toe. Bij het Herwijdense Bovenwaard en de Crobsche Waard is de huidige grondwaterstand hoger dan het rivierpeil. Door open water te creëren daalt ter plaatse van de ingrepen de grondwaterstand. In beide gevallen reiken deze effecten niet tot het binnendijkse watersysteem.

Er is geen binnendijkse verandering van stijghoogte en grondwaterstand. Als gevolg hiervan neemt de wegzijging binnendijks niet toe.



Figuur 4.7: Het effect op de stijghoogte tijdens laagwater veroorzaakt door de vergravingen in de uiterwaarden.



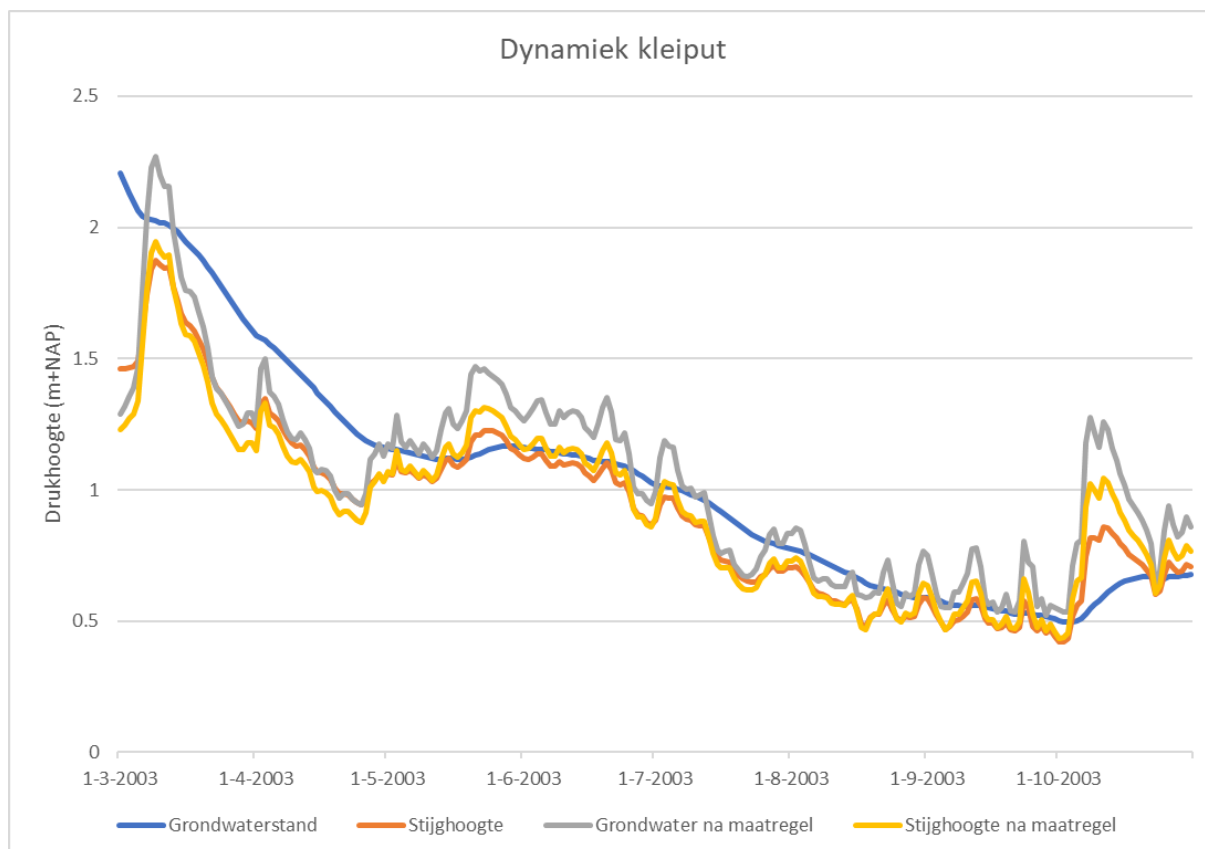
Figuur 4.8: Het effect op de grondwaterstand tijdens laagwater veroorzaakt door de vergravingen in de uiterwaarden

Effecten Kasteel Frissestein

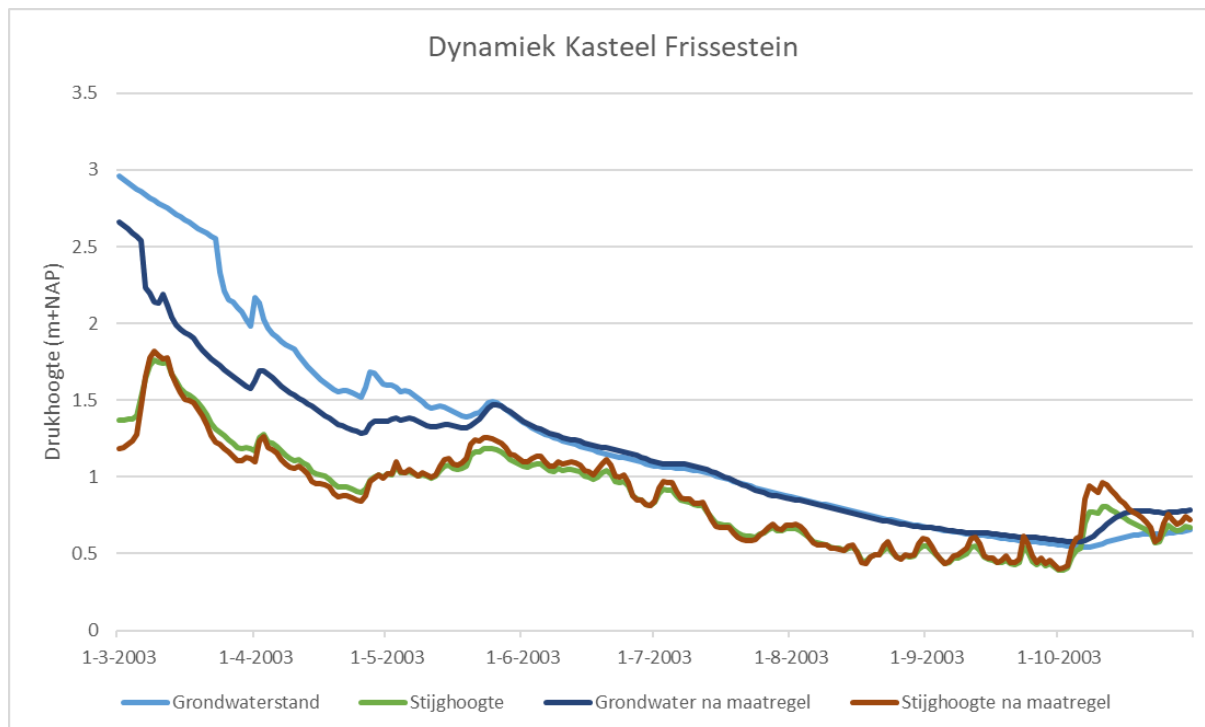
Kasteel Frissestein is een archeologisch Rijksmonument en ligt in de Herwijnnense Bovenwaard naast de kleiput. Kasteel Frissestein is gevoelig voor veranderingen in de grondwaterstand en verlagingen van de grondwaterstand zijn niet gewenst. Daarom is er extra aandacht voor deze locatie. Hier is alleen de geohydrologische situatie beschouwd, de afgeleide effecten op Kasteel Frissestein zijn beschreven in het Achtergrondrapport archeologie dat eveneens onderdeel is van het ontwerp Projectplan Waterwet..

In de Herwijnnense Bovenwaard wordt een aantal maatregelen genomen waarmee de kleiput verbonden wordt met de Waal via een aantal duikers. Deze duikers hebben een minimale B.O.B.³ van 0,5 m+NAP, waardoor het waterpeil in de kleiput niet direct meebeweegt met het rivierpeil bij rivierwaterstanden onder de 0,5 m+NAP. Via de huidige duiker staat de kleiput ook in verbinding met de Waal, de ingeschatte drempelhoogte op dit moment is circa 3,0 m+NAP. Wanneer de waterstand van de Waal tussen de 0,5 en 3,0 m+NAP is, verandert de dynamiek in de kleiput. Om te bepalen of tijdens laagwatersituaties een verlaging van de grondwaterstand optreedt is de zomer van 2003 met het geohydrologisch model doorgerekend. In Figuur 4.8 is het effect op 17 augustus 2003 zichtbaar. Te zien is dat in de kleiput een verlaging van 0,05 – 0,10 meter wordt berekend op de grondwaterstand. Vanwege de slecht doorlatende bodem, veel klei, worden deze effecten buiten de kleiput niet berekend. De figuren 4.9 en 4.10 laat de berekende grondwaterstand voor en na de maatregelen zien voor de periode maart – oktober 2003 voor twee locaties. Wat goed zichtbaar is, is dat de grondwaterstand in de kleiput (is het waterpeil in de put) dynamischer wordt als gevolg van het verbinden met de Waal. Ook zie je in oktober de grondwaterstand sneller stijgen als gevolg van een hogere waterstand op de Waal. Ter plaatse van Kasteel Frissestein is het verschil zeer klein, zeker in de periode juni – oktober zijn de grondwaterstanden vergelijkbaar. Wel reageert de grondwaterstand sneller. Ook is te zien dat de laagste grondwaterstand niet verandert. Daarom worden er geen schadelijk effecten voor de funderingsresten van Kasteel Frissestein verwacht.

³ Bovenkant onderkant buis



Figuur 4.9: De dynamiek van het grondwatersysteem ter plaatse van de kleiput.



Figuur 4.10: De dynamiek van het grondwatersysteem ter plaatse van Kasteel Frissestein.

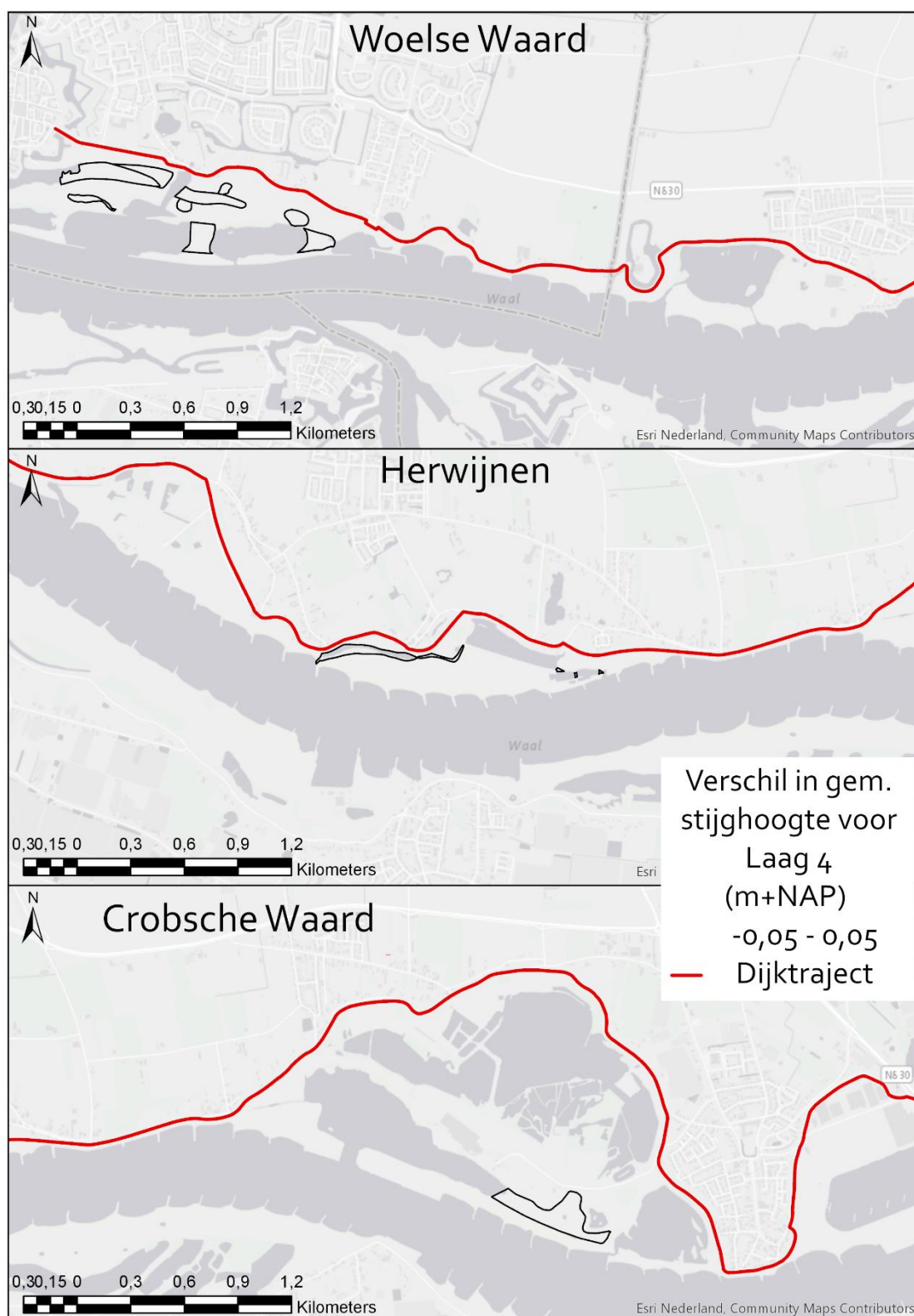
4.2.3 Gemiddelde situatie

Stijghoogte

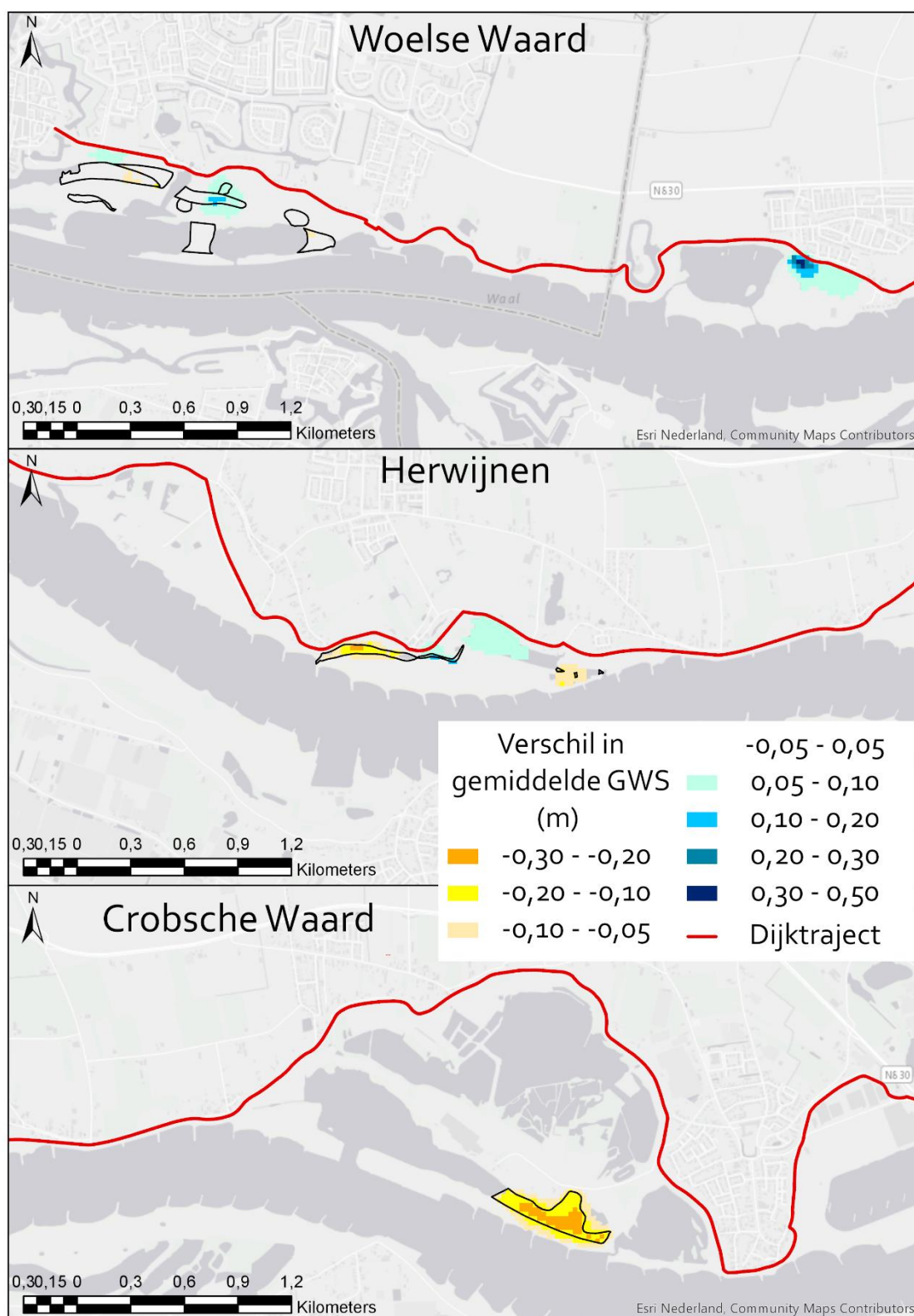
Wanneer de stijghoogten over een periode van 5 jaar gemiddeld worden, zijn er geen significante effecten zichtbaar (zie Figuur 4.11). Dit geldt voor zowel het binnendijkse als het buitendijkse gebied.

Grondwater

Ter plaatse van de vergravingen in de uiterwaard treden kleine effecten op, vanwege de aanwezigheid van oppervlaktewater in de toekomstige situatie. Doordat het in de huidige situatie geen open water is, treden er kleine effecten op de grondwaterstand op. De effecten zijn weergegeven in Figuur 4.12. Alle effecten blijven buitendijks en zijn niet significant op de binnendijkse stijghoogte en grondwaterstand.



Figuur 4.11: Het effect op de stijghoogte gemiddeld over 5 jaar veroorzaakt door de uiterwaarden vergravingen.



Figuur 4.12: Het effect op de grondwaterstand gemiddeld over 5 jaar veroorzaakt door de uiterwaarden vergravingen.

4.3 Aanpassingen aan het watersysteem

De aanpassingen aan het watersysteem zijn over het algemeen zeer klein en hebben daardoor naar verwachting geen groot effect. Dit komt vanwege de aanwezige deklaagweerstand, die bijna overal enkele 100'en dagen betreft en het lage doorlaatvermogen van de kleiige bodem. Bij de piping-maatregelen worden korte stukjes waterloop gedempt, het effect is merkbaar ter plaatse van de waterloop en in een beperkte zone daar omheen. Deze zone is kleiner dan met het geohydrologisch model goed in beeld gebracht kan worden. Zo zijn de meeste ingrepen kwalitatief beschouwd en als niet significant bestempeld.

Twee aanpassingen zijn wel doorgerekend met het geohydrologisch model, namelijk de aanpassingen in dijkvak 2a en 13d. De aanpassingen in het watersysteem bij dijkvak 2a hebben alleen effect in de watergang zelf tijdens een T=10 hoogwater. De aanpassingen bij dijkvak 13d geeft ook alleen een effect ter plaatse van de watergangen, vanwege de beperkte horizontale doorlatendheid van de bodem.

5 Hydrologische effecten ingrepen

5.1 Dijkversterkingsmaatregelen

De dijkversterkingsmaatregelen raken het watersysteem zoals toegelicht in paragraaf 3.3. Voor elk van de ingrepen staat het effect weergegeven in de onderstaande tabellen. De effecten zijn ingedeeld in drie categorieën:

- Effect afvoer: hinder van de afvoerende functie van de watergang. Dit betreft afvoer die niet afkomstig is van percelen die grenzen aan de watergang.
- Effect afwatering: hinder van de afwatering van percelen die grenzen aan de watergang.
- Verlies berging: afname van het bergingsvolume van water met een leggerstatus. De methode waarmee de berging is berekend staat toegelicht in paragraaf 5.1.1. In bijlage 1 staan de representatieve dwarsprofielen waarop de berekening is gebaseerd.

Tabel 5-1: Effecten binnendijkse watersysteem ingrepen op afvoer, afwatering en berging

Objectcode	Dijkvak	Dijkpaal	Type	Watergang status	Effect afvoer	Effect perceel afwatering	Verlies berging
WGD-A-001	2a	TG213-TG217	dijk	A	Ja	Ja	221 m ³
WGD-G-100	2a	TG217	piping	Geen	Nee	Ja	Geen leggerstatus
WSO-001	2a	TG215	piping	Geen	Nee	N.n.b.	Geen leggerstatus
WG-DUN-C-001	2c	TG225	piping	C	Nee	Ja	16 m ³
WGD-C-101	3a	TG227	piping	C	Nee	Ja	21 m ³
WGD-C-102	3a	TG227+50	piping	C	Nee	Ja	8 m ³
WSO-002	3d	TG241	piping	A	Nee	Nee	Nee
WGD-C-109	5e	TG286	piping	C	Nee	Ja	6 m ³
WSO-003	7e	TG310+50	piping	A	Nee	Nee	Nee
WGD-C-103	8d	TG363+00	piping	C	Nee	Ja	4 m ³
WGD-C-104	8d	TG369+50	piping	C	Nee	Ja	16 m ³
WGD-G-108	8d	GT363+50	piping	Geen	Nee	Ja	Geen leggerstatus
WGD-C-048	9b	TG385	dijk	C	Nee	Nee	6 m ³
WGD-C-049	9b	TG387	dijk	C	Nee	Nee	7 m ³
WGD-B-055	10b	TG398	dijk	C	Nee	Nee	17 m ³
WGD-B-056	10b	TG400	dijk	C	Nee	Nee	14 m ³
WGD-C-054	10b	TG397	dijk	C	Nee	Nee	62 m ³
WGD-C-059	12b	TG410	dijk	C	Nee	Nee	17 m ³
WGD-C-060	12b	TG410-TG412	dijk	C	Nee	Nee	98 m ³
WGD-C-061	12b	TG412	piping	C	Nee	Nee	45 m ³
WGD-B-064	12g	TG422	dijk	B	Nee	Nee	Nee, watergang schuift op
WGD-B-071	13d	TG432-TG433	dijk	B	Ja	Ja	Nee, compensatie in nieuwe watergang

WSO-004	13d	TG433-TG435	piping	A	Nee	Nee	Nee
WSO-005	14a	TG435-TG436+50	piping	A	Nee	Nee	Nee

Bij de watergangen WGD-A-001 en WGD-B-071 heeft de demping van de watergang effect op de afvoer situatie. Daarom is voor deze locaties een maatwerk oplossing uitgewerkt, zie hiervoor paragraaf 3.3.3 en 3.3.4. De effecten van deze maatregelen staat in paragraaf 5.3.

Op een aantal locaties heeft de demping van een watergang effect op de afwatering van de aangrenzende percelen. Hiervoor worden nog maatregelen uitgewerkt. Dit zijn bijvoorbeeld een greppel of een drainage voorziening.

Bij de plas WSO-001 wordt een drempel geplaatst tussen de plas en de A-watergang. Door de drempel wordt bij hoogwater een minimum peil in plas gegarandeerd. De drempel ligt op NAP +2,6m, dat is een 0,5 meter onder maaiveld. Het is nog onduidelijk of de plas in verbinding staat met de A-watergang en of de drempel daadwerkelijk nodig is. Als de drempel leidt tot hinder voor de perceelafwatering wordt hier een maatregel voor genomen.

Voor elke maatregel is het verlies aan berging bepaald. Als een watergang geen leggerstatus heeft hoeft de berging conform het beleid van waterschap Rivierenland niet gecompenseerd te worden. Bij watergangen die opschuiven blijft de berging netto gelijk.

Tabel 5-2: Effecten buitendijkse watersysteem ingrepen op afvoer, afwatering en berging

Objectcode	Dijkvak	Dijkpaal	Type	Watergang status	Effect afvoer	Effect perceel afwatering	Verlies berging (m3)
WGD-G-004	5b	TG263	dijk	Geen	Nee	Geen	Geen leggerstatus
WGD-C-015	5d	TG278+50 – TG282	dijk	C	Nee	Geen	Nee, watergang schuift op
WGD-G-020	5d	TG285	dijk	Geen	Nee	Geen	Geen leggerstatus
WGD-C-009	5d	TG275	dijk	C	Nee	Nee	Ja
WGD-C-012	5d	TG276	dijk	C	Nee	Nee	Nee, watergang schuift op
WGD-C-013	5d	TG277	dijk	C	Nee	Ja	Ja
WGD-C-039	8a	TG339-TG341	dijk	C	Nee	Geen	Nee, watergang schuift op
WGD-C-041	8a	TG342	dijk	C	Nee	Geen	Ja
WGD-C-042	8a	TG343+50	dijk	C	Nee	Geen	Nee, watergang schuift op
WGD-G-044	8a	TG344-TG346	dijk	Geen	Nee	Geen	Geen leggerstatus
WGD-C-051	10a	TG393-TG394	dijk	C	Nee	Geen	Ja
WGD-C-105	10b	TG400-TG401	dijk	C	Nee	Geen	Nee
WGD-G-107	13d	TG432	dijk	Geen	Nee	Geen	Geen leggerstatus

De maatregelen in de buitendijkse watergangen leiden niet tot hindering van de afvoer of afwatering.

In de buitenpolders vindt op vier locaties een demping plaats van een waterlichaam met leggerstatus zonder dat er nieuw water wordt gegraven, namelijk WGD-C-041, WGD-C-051, WGD-C-009 en WGD-C-013.

Watergang WGD-C-041 is een plas in de Herwijnnse Benedenwaard. Deze buitenpolder heeft geen streefpeil, geen peil regulerend kunstwerk en daarmee ook geen actief peilbeheer door het waterschap. In de polder is een duiker met schuif aanwezig die alleen wordt bediend in het kader van het inlaatbeleid bij hoogwater.

In de Benedenwaarden vindt door de dijk een demping plaats van 2000m² (WGD-C-51). Hierdoor neemt het wateroppervlak af van 14,0% naar 13,4%. Hoewel het waterschap in de basis voorschrijft dat de afgenomen berging moet worden gecompenseerd wordt hier voor de Benedenwaarden vanaf geweken om de volgende redenen:

- De Herwijnnse Benedenwaard beschikt over een robuust watersysteem waarin de kleine afname van 0,6% wateroppervlak geen merkbaar effect op de waterstanden zal hebben;
- Het waterschap heeft geen actief peilbeheer in de Benedenwaarden;
- Een extra vergraving in de buitenpolder zal leiden tot meer kwel binnendijs en dit is ongewenst;
- De buitenpolders kunnen bij hevige neerslag direct afwateren op buitenwater;
- In de toekomst zal in de buitenpolders natuur steeds meer ruimte krijgen.

Om bovengenoemde redenen wordt in de Herwijnnse Benedenwaard geen bergingscompensatie toegepast.

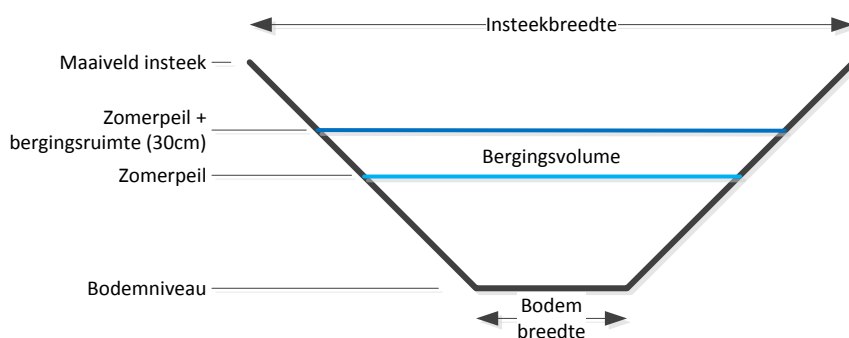
De dempingen (WGD-C-009 en WGD-C-013) in de Crobsche waard zijn nihil ten opzichte van het wateroppervlak omdat in de Crobsche waard een aantal grote plassen liggen. Daarom wordt ook in de Crobsche waard geen bergingscompensatie toegepast.

De plas WGD-C-051 ligt op het Heuff terrein. Het watersysteem komt hier door uiterwaard maatregelen in verbinding met het buitenwater. Dit staat nader uitgewerkt in paragraaf 6.4 van het ontwerp Projectplan Waterwet. Door deze ingreep is bergingscompensatie niet meer noodzakelijk.

5.1.1 Methodiek bepaling bergingsvolume

Het bergingsvolume zoals weergegeven in Tabel 5-1 Tabel 5-2 is bepaald conform de beleidsregels van waterschap Rivierenland. De methode waarop het volume is bepaald staat in deze paragraaf beknopt toegelicht.

In Figuur 2.1 staat het bergingsvolume schematisch weergegeven. Voor de Tielerwaard is dit de waterschijf tussen zomerpeil en zomerpeil+30cm.



Figuur 5.1: Schematisatie dwarsprofiel watergang met bergingsvolume

Om het bergingsvolume te berekenen zijn de parameters nodig die in de onderstaande tabel staan weergegeven. Per parameter is toegelicht hoe de waarde is afgeleid.

Bodemhoogte	De gemiddelde bodemhoogte is bepaald uit een van de volgende bronnen, op volgorde van prioriteit: 1. Legger inmeting, 2. Legger Trapezium, 3. Inmeting GOWA, 4. AHN
Bodembreedte	De gemiddelde bodembreedte is bepaald uit een van de volgende bronnen, op volgorde van prioriteit: 1.

	Legger inmeting, 2. Legger Trapezium, 3. Inmeting GOWA, 4. AHN
Insteekbreedte	Breedte van het watervlak (leggervlak). Bij kleine variaties in insteekbreedte is het oppervlak gedeeld door de lengte voor bepaling van de gemiddelde insteekbreedte. Bij grote variaties in breedte is het vlak opgeknijpt.
Lengte watergang	Aslijn, handmatig gemeten
Maaiveld hoogte	Maaiveld ter plaatse van insteek. Bij verschil tussen links en rechts is een gemiddelde waarde genomen
Zomerpeil	Zomerpeil zoals vastgesteld in de legger.

Als het zomerpeil lager is dan de bodemhoogte is het bergingsvolume bepaald op basis van de bodemhoogte +30cm.

5.2 Ingrep in de uiterwaarden

De vier uiterwaardingrepen zijn toegelicht in Hoofdstuk 3.2. Al deze ingrepen liggen buitendijks en krijgen een open verbinding met de rivier (Waal of Merwede). De ingrepen zullen geen leggerstatus krijgen en zullen onder het rivierbeheer vallen. De effecten van de uiterwaarden ingrepen op de rivier is in de rivierkundige rapportage toegelicht (zie i-report <https://terinzage.gralliantie.nl> onder Bijlagen)

Voor de ingreep van de Crobsche Waard wordt de zomerkade verlegd, hierdoor neemt het oppervlak van de buitenpolder af. Als gevolg hiervan is de hydrologische afwatering van de buitenpolder iets kleiner. Dit levert geen significante hydrologische effecten op.

De ingrepen voor de Herwijnsse Bovenwaard en het Heuffterrein verbinden een zone achter de zomerkade met de Waal. Hierdoor ontstaat meer dynamiek, wat leidt tot kleine hydrologische effecten. Deze effecten treden alleen op in de gebieden waar de rivier rechtstreeks invloed heeft.

In de Woelse Waard worden enkele bestaande watergangen doorsneden door de nieuwe geulen. Echter blijft de afwateringen van de Woelse Waard goed mogelijk en is het hydrologisch effect verwaarloosbaar.

5.3 Aanpassingen aan het watersysteem

In deze paragraaf staan de hydraulische effecten beschreven van de maatwerkoplossingen op het watersysteem zoals benoemd in paragraaf 3.3. Dit betreft de watersysteem omleidingen bij dijkvak 2a en dijkvak 13d. Voor deze maatwerkoplossingen zijn aparte notities opgesteld. In deze paragraaf staat een samenvatting van de resultaten.

5.3.1 Effecten omleiding door demping Dijkvak 2a

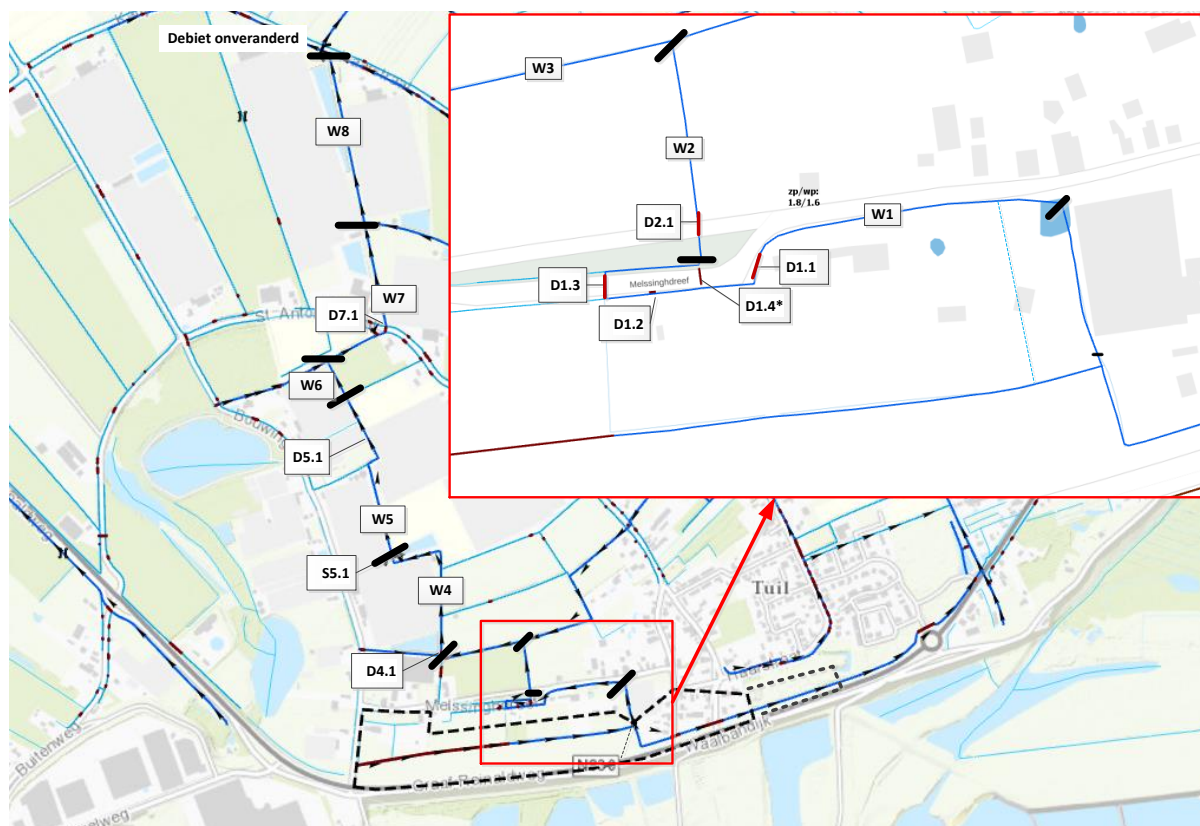
Hydraulische effecten

Door de watersysteem maatregelen wijzigt de afwateringsroute van een afwateringsgebied van 11,5 ha. Dit komt overeen met landelijke afvoer van 17,2 l/s. De kwelafvoer van dit afwateringsgebied is 35l/s. Dit afwateringsgebied staat weergegeven in Figuur 5.2. De omleidingsroute is met deze extra afvoer getoetst aan de eisen die waterschap Rivierenland stelt:

- Maximale waterstandsverhang 50mm/km (excl. kwelafvoer)
- Maximale opstuwing duikers 5mm (incl. kwelafvoer)

De watergangen en duikers op de omleidingsroute zijn genummerd zoals weergegeven in Figuur 5.2. In Tabel 5-3 staan de resultaten van de berekening van het waterstandsverhang en de opstuwing van de duikers. Het verhang en de opstuwing is berekend voor drie varianten:

- Referentie (huidige situatie) met landelijke afvoer
- Omleiding met maatregelen in het watersysteem met landelijke afvoer
- Omleiding met maatregelen in het watersysteem met landelijke afvoer en kwel



Figuur 5.2: Nummering watergangen op omleidingsroute. Het gestippelde gebied is het afwateringsgebied dat via een andere route gaat afwateren.

Tabel 5-3: Resultaten berekening waterstandsverhang en opstuwing duikers

	A. Referentie	B. Omleiding incl. extra afvoer	C. Omleiding incl. extra afvoer en kwel
Verhang	[mm/km]	[mm/km]	[mm/km]
W1	0	2	13
W2	1	5	25
W3	5	9	23
W4	1	1	3
W5	13	23	52
W6	35	50	88
W7	10	12	18
W8	Leggerprofiel klopt niet met praktijk, wordt nog ingemeten		
Opstuwing duikers	[mm]	[mm]	[mm]
D1.1 (WG-DUN-G-004)	0	0	0
D1.2	0	verwijderd	verwijderd

D1.3	0	verwijderd	verwijderd
D1.4 (WG-DUN-G-005)	verwijderd	0	0
D2.1 (WG-DUN-G-006)	1	0	0
D3.1	0	0	0
D4.1	1	1	3
D5.1	40	verwijderd	verwijderd
D7.1 (WG-DUN-G-008)	8	2	3
Gemiddeld verhang Watergangen + duikers			
	[mm/km]	[mm/km]	[mm/km]
W1-W7	36	13	30

In de tabel is te zien dat door de extra afvoer in de varianten B en C het waterstandsverhang in de watergangen W1-W7 toeneemt. Het waterstandsverhang in de varianten A en B voldoet aan de 50mm/km eis. In variant C is het verhang van W6 met 88 mm/km groter dan 50 mm/km. Dit is echter de afvoer inclusief kwel. De 50 mm/km eis geldt voor de afvoer zonder kwel aangezien kwel zoveel mogelijk lokaal geborgen moet worden. De maximale stroomsnelheid 0,11 m/s voor W6 variant C. Dit voldoet aan de eis van 0,6m/s. In de referentie situatie voldoen duikers D5.1 en D7.1 niet aan de opstuwingseis. In de varianten B en C is duiker D5.1 verwijderd en de capaciteit van duiker D7.1 vergroot. In de varianten B en C voldoen alle duikers aan de opstuwingseis.

Het gemiddelde verhang van de watergangen inclusief duikers neemt door de maatregelen significant af van 36 mm in de referentie naar 13mm in variant B. De watersysteem maatregelen verbeteren de afvoercapaciteit van het watersysteem.

In deze analyse is watergang W8 niet meegenomen omdat er geen representatief dwarsprofiel bekend is. Dit wordt nog ingemeten. Naar verwachting is dit dwarsprofiel vergelijkbaar met W7 en zal het verhang vergelijkbaar zijn.

Bergingscompensatie

Op de omleidingsroute wordt op een duiker open gegraven (D5.1). In ruil voor deze opengraving wordt een doodlopende B-watergang op dit perceel gedempt. Dit gebeurt zodanig dat er netto geen berging verloren gaat.

De overige maatregelen op de omleidingsroute hebben geen nadelig effect op de bergingscapaciteit.

De onderbouwing van de effecten staat uitgewerkt in GO-WA-NTT-24047.

5.3.2 Effecten omleiding door demping Dijkvak 13d

Hydraulische effecten

De aanpassing in het watersysteem bij dijkvak 13d is doorerekend met een stationaire landelijke afvoer van 1,5 l/s/h en T=10 kwelafvoer. De resultaten zijn getoetst aan het beleid van waterschap Rivierenland.

De watergang en voldoet aan de hydraulische ontwerpcriteria die het waterschap stelt (verhang <5cm, stroomsnelheid <0,6 m/s). De resultaten staat in de tabel 5-4:

Tabel 5-4: resultaat nieuwe watergang dijkvak 13d

	Afwaterend Oppervlak [ha]	Landelijk Afvoer [l/s]	Kwel [mm]	Kwel [l/s]	Ontwerp afvoer [l/s]	Stroom Snelheid [m/s]	Verhang [cm/km]
Nieuwe watergang	2,43	3,6	8,3	3,1	6,7	0,01	0,2

Ook de duiker voldoet aan de hydraulische ontwerpcriteria die het waterschap stelt (opstuwing <5mm, stroomsnelheid < 0,9m/s). De resultaten staan in de tabel 5-5:

Tabel 5-5: Resultaat duiker dijkvak 13d

	Afwaterend Oppervlak [ha]	Landelijk Afvoer [l/s]	Kwel [mm]	Kwel [l/s]	Ontwerp afvoer [l/s]	Stroom Snelheid [m/s]	Opstuwing [mm]
Duiker	2,43	3,6	8,3	3,1	6,7	0,05	<1

Het waterstandsverhang van de watergang bij een stationaire afvoer is nihil. Dit geldt daarmee ook voor de waterstandstoename door de toegenomen lengte van de watergang.

Bergingscompensatie

Het watervlak van de nieuw te graven watergang is even groot als het watervlak van de te dempen watergang. Er is geen netto restopgave voor de bergingscompensatie.

De onderbouwing van de effecten staat uitgewerkt in GO-WA-NTT-23874.

6 Afgeleide effecten

In dit hoofdstuk worden de berekende effecten beschreven in Hoofdstuk 4 en 5 vertaald naar effecten op natuurgebieden, landbouw en bebouwing. Het betreft effecten van bijvoorbeeld de damwanden en het dempen van sloten. De ingrepen en ook de effecten zijn zodanig lokaal dat ze niet goed door te rekenen zijn met het geohydrologisch model MORIA, dat rekent met cellen van 25*25. Voor de damwanden is daartoe een som gemaakt met een doorsnedemodel. Met het model worden alleen effecten tot circa 5 cm berekend ter plaatse van de dijk.

De indirecte effecten op de **natuurgebieden** als gevolg van veranderingen in de grondwaterstand zijn relatief beperkt. Er vinden binnendijs geen significante grondwaterstandsveranderingen in natuurgebieden. De verandering van grondwaterstanden heeft in geen van de hydrologische situaties invloed op binnendijs gelegen natuurgebieden. De geulen in de uiterwaarden (Crobsche Waard, Herwijnnense Bovenwaard, Woelse Waard) zorgen voor een grotere dynamiek in het grondwater in deze uiterwaarden. Deze grotere dynamiek past bij de gewenste natuurlijke ontwikkeling in deze uiterwaarden. De gemiddelde grondwaterstand buiten de vergravingen verandert overigens niet.

De te verwachten effecten van het verplaatsen van sloten zijn zodanig gering dat deze beter als ontwerpogave opgelost kunnen worden. Er kan vanuit gegaan worden, dat binnen het ontwerp een adequate oplossing wordt gevonden, die geen afgeleide effecten veroorzaakt. Indien de effecten groter zijn dan verwacht zullen er compenserende maatregelen uitgevoerd worden. Een overzicht van de afgeleide effecten is in hoofdstuk 5 van het ontwerp Projectplan Waterwet opgenomen. In de tabel totaaloverzicht effecten is per dijkvak aangegeven welke risico's en effecten verwacht worden. Voor alle dijkvakken waar damwanden onderdeel zijn van het nieuwe ontwerp, is het volgende risico geïdentificeerd: een lokaal effect op grondwaterstanden. Voor het watersysteem zijn alle te dempen waterlopen vermeld. Binnendijkse ter plaatse van vergravingen (Herwijnnense Bovenwaard en Woelse Waard) in de uiterwaarden treedt mogelijk lokale vernatting op, die nadelig kunnen zijn voor de **landbouw** (Herwijnnense Bovenwaard). Met stakeholders zijn afspraken gemaakt hoe effecten gemonitord worden, dit is geen onderdeel van deze rapportage.

7 Compenserende maatregelen

7.1 Bergingscompensatie

Voor watergangen met leggerstatus die worden gedempt moet conform het beleid van waterschap Rivierenland vervangend oppervlaktewater (bergingscompensatie) worden gegraven zodat de bergingscapaciteit van het watersysteem gelijk blijft.

Bij voorkeur vindt deze compensatie plaats in hetzelfde peilgebied. In de tabel is de opgave per peilvak uitgesplitst naar de reden van de compensatie. Daarin is onderscheid gemaakt tussen dijk, piping en kwel.

- Dijk: de opgave door de demping van watergangen direct gerelateerd aan het nieuwe dijkprofiel.
- Piping: de opgave door de demping van watergangen direct gerelateerd aan het faalmechanisme piping.
- Kwel: de opgave door extra kwel. Dit komt met name door maatregelen in de uiterwaarden.

Tabel 7-1: Bergingscompensatie opgave

Peilvak	Dijk (m3)	Piping (m3)	Kwel (m3)	Totaal (m3)
TLW503	0	4	38	42
TLW505	0	0	61	61
TLW512	0	29	44	73
TLW513	221	16	17	254
TLW603	0	0	47	47
TLW604	0	0	127	127
TLW605	0	0	0	0
TLW606	0	0	91	91
TLW607	115	45	377	537
TLW608	0	0	11	11
TLW609	0	0	0	0
TLW612	0	0	7	7
TLW613	0	0	597	597
TLW614	0	0	99	99
TLW615	0	0	195	195
TLW616	105	22	141	268
Totaal	441	116	1852	2409

De totale bergingscompensatie opgave is 2409 m³. Het beleid van het waterschap schrijft voor dat de berging in deze peilvakken plaatsvindt tot 30cm boven streefpeil. Dat komt overeen met een wateroppervlak van circa 8030 m². De onderbouwing van de volumes staat uitgewerkt in Hoofdstuk 4 (kwel) en 5 (dijk en piping).

In overleg met het waterschap en de gemeenten is gezocht naar geschikte locaties om deze compensatie te realiseren. Waar mogelijk wordt de compensatie meegekoppeld met een bestaand knelpunt in het watersysteem. De compensatie locaties staat ingetekend in de plankaarten van het digitale projectplan.

In tabel 7-2 staat per peilvak weergegeven welke bergingscompensatie maatregelen worden voorgesteld. Per peilvak is in samenspraak met het waterschap bepaald of het noodzakelijk en haalbaar is om de compensatie opgave in het peilvak zelf op te lossen. Voor de peilvakken waarbij dat niet mogelijk is staat in de tabel in de

kolom 'compensatie in peilvak' het peilvak benoemd waarin de compensatie maatregelen worden gerealiseerd.

De compensatie die met de voorgestelde maatregelen te realiseren valt staat in de kolom 'Maatregel effect'. In enkele peilvakken blijft een restopgave staan. Hiervoor is een zoekgebied opgenomen in de plankaart. Een negatieve restopgave betekent dat de voorgestelde berging groter is benodigd voor het peilvak. In samenspraak met het waterschap worden de bergingscompensatie maatregelen zodanig uitgewerkt dat aan de compensatieplicht wordt voldaan.

Tabel 7-2: Overzicht effect bergingscompensatie maatregelen

Peilvak	Compensatie in peilvak	Opgave	Maatregel opgave	Maatregelen	Maatregel effect	Restopgave
		[m3]	[m3]	Maatregel	[m3]	[m3]
TLW503	TLW503	42	42	TLW503.1, TLW503.2	87	-45
TLW505	TLW505	61	61	TLW505.1	61	0
TLW512	TLW512	73	327	TLW512.1	338	-11
TLW513	TLW512	254	0		0	zie TLW512
TLW603	TLW603	47	185	TLW603.1, TLW603.2	527	-342
TLW604	TLW603	127	0		0	zie TLW603
TLW605	TLW605	0	0		0	0
TLW606	TLW607	91	0		0	zie TLW607
TLW607	TLW607	537	628	TLW607.1	368	260
TLW608	TLW603	11	0		0	zie TLW603
TLW609	TLW609	0	0		0	0
TLW611	TLW611	0	0	TLW611.1	450	-450
TLW612	TLW615	7	0		0	zie TLW615
TLW613	TLW613	597	597		0	597
TLW614	TLW614	99	99		0	99
TLW615	TLW615	195	202	TLW615.1, TLW615.2	203	-1
TLW616	TLW616	268	268	TLW616.1, TLW616.3	272	-4
	TOTAAL	2414	2414		2306	104

De voorgestelde bergingscompensatie maatregelen staan beschreven in Tabel 7-3. De locatie van de maatregelen is te vinden in de kaartenatlas bij het digitale projectplan waterwet.

Tabel 7-3: Bergingscompensatie maatregelen

Maatregelcode	Meekoppel kans	Ontwerp	Lengte watergang [m]	Bergings volume [m3]	Toelichting
TLW503.1	ja	bodem watergang 0,5m verbreden	240	36	Versmallen van de berm langs de Tinnegieter in Hellouw. Dit is een meekoppelkans voor een

					verbetering van de wateraanvoer voor fruitte
TLW503.2	ja	bodem watergang 0,5m verbreden	340	51	Versmallen van de berm langs de Tinnegieter in Hellouw. Dit is een meekoppelkans voor een verbetering van de wateraanvoer voor fruitte
TLW505.1	nee	n.v.t.	61	61	'Bank' voor bergingscompensatie. Inkoop van bergingscompensatie die al is gerealiseerd maar bestemd.
TLW512.1	nee	Aanleg natuurvriendelijke oevers of ondiepe stroomvoerende plas. Nieuw wateroppervlak ca 1100m2	85	338	Bergingscompensatie op terrein van voormalig kassencomplex aan de Bouwing in Tuil. De maatregel grenst aan een maatregel in de watergang.
TLW603.1	nee	Natuurvriendelijke oever 3m breed	206	185	Aanleg natuurvriendelijke oever op perceel na Vuren. De grond is in eigendom van de provincie Gelderland.
TLW603.2	nee	Natuurvriendelijke oever 3m breed	380	342	Aanleg natuurvriendelijke oever op het terrein de A15 parkeerplaats Veenbult in Vuren.
TLW607.1	ja	watergang 0,5m verbreden en natuurvriendelijke oever van 3m breed	350	368	Verbreden van de watergang en aanleg van een natuurvriendelijke oever op een agrarisch perceel. Dit is een meekoppelkans voor de verbetering van de kwelafvoer van het wiel en ontlasting van de A15 watergang door Dalem.
TLW611.1	nee	Natuurvriendelijke oever 3m breed	500	450	Langs deze watergang parallel aan de A15 is ruimte voor de aanleg van natuurvriendelijke oevers. Het is een back-up optie voor het voldoen aan de compensatie plicht.
TLW615.1	ja	Bodem 0,5m verbreden	800	120	Verbreden watergang langs de Peersteeg te Herwijnen. Bij voorkeur door het afgraven van de berm, anders door aankoop van een strook van agrarisch perceel. Dit is een meekoppelkans voor de verbetering van de afvoer.
TLW615.2	ja	Tracé over een lengte van 160m Bodem 1,5m verbreden, over een lengte van 35m bodem 1m verbreden	183	83	Verbreden van de watergang langs de Wadenstijsesteeg te Herwijnen. Deze watergang is een knelpunt voor de waterafvoer van TLW612. Het perceel Wadenstijsesteeg 68 is de ruimte beperkt en wordt de bodem 1m verbreed. Ten noorden van dit perceel wordt de bodem 1,5 m verbreed.
TLW616.1	ja	Bodem 1,3m verbreden	560	218	Verbreden watergang langs de Graaf Reinoldsweg voor een verbetering van de afvoer/aanvoer door de aankoop van een strook van agrarisch percelen
TLW616.3	nee	Natuurvriendelijke oever 3m breed	60	54	Perceel van de GOWA project locatie

De dijkversterking raakt ook leggerwateren in buitenpolders langs de buitenzijde van de dijk. Waar mogelijk worden deze teruggebracht. Op een enkele locatie in de Herwijdense Benedenwaard is dit niet mogelijk. Dit verlies aan leggerwater heeft verwaarloosbare invloed op het hydrologisch functioneren van het watersysteem omdat het verlies marginaal is en de buitenpolders bij intense neerslag direct af kunnen voeren op de uiterwaarden. Het waterschap hanteert in de desbetreffende buitenpolders geen streefpeil. Het graven van vervangend water draagt daarom niet bij aan de robuustheid van het watersysteem en heeft bovendien nadelige effecten op kwel en de dijkveiligheid (piping). Daarom wordt de demping van dit leggerwater niet gecompenseerd middels bergingscompensatie.

8 Samenvatting en conclusies

In deze rapportage zijn de effecten van de ingrepen in het watersysteem geanalyseerd. Hiervoor zijn in Hoofdstuk 2 de situaties in beeld gebracht, waarmee de ingrepen zijn geanalyseerd. Het betreft een T=10 hoogwatersituatie, waarvoor het hoogwater uit 2018 is verhoogd tot een T=10 waterstand, een langjarig gemiddelde en een T=10 laagwatersituatie, waarvoor de zomer van 2003 is gebruikt. Alle te beschouwen ingrepen in watersysteemaanpassingen zijn in Hoofdstuk 3 beschreven. Dit betroffen de vergravingen in de uiterwaarden en de aanpassingen aan legger watergangen binnendijs. Deze ingrepen zijn in Hoofdstuk 4 geohydrologisch beschouwd. De dijkversterkingsmaatregelen zijn geohydrologisch gezien niet significant (Hoofdstuk 4.1). De geohydrologische berekeningen laten zien dat de ingrepen in de uiterwaarden binnendijs zeer beperkte effecten veroorzaken in de grondwaterstand. Tijdens hoogwater vindt een geringe toename van de afvoer plaats, die gecompenseerd moeten worden met extra berging. Hiermee voldoen de ingrepen aan de gestelde eisen van Waterschap Rivierenland. De effecten op de grondwaterstand hebben heel beperkte afgeleide effecten, die per dijkvak zijn beschreven.

Vanwege de dijkversterking moeten diverse watergangen verlegd of gedempt worden. Alle verleggingen en oplossingen om het watersysteem goed functionerend te houden, is in Hoofdstuk 5 beschreven. Op basis van de (geo)hydrologische effecten zijn de afgeleide effecten kwalitatief beschouwd. De resultaten hiervan zijn in het toaaloverzicht effecten (zie hoofdstuk 5 van het ontwerp Projectplan Waterwet) uiteengezet. Het watersysteem blijft hierbij naar behoren functioneren en de oplossingen zijn goed afgestemd met Waterschap Rivierenland.

In hoofdstuk 4 en 5 zijn effecten ten gevolge van de vergravingen in de uiterwaarden en binnendijs beschreven, die een bergingscompensatie behoeven. De bergingscompensatie is beschreven in Hoofdstuk 7. Hiermee wordt de toename van het waterbezwaar goed gecompenseerd.

De geohydrologische effecten door dijkversterking zijn niet significant. De geohydrologische effecten door de uiterwaarden vergravingen zijn klein maar niet verwaarloosbaar. Dit wordt gecompenseerd door een aanvullende bergingsopgave. De dijkversterking levert hydrologische effecten, doordat waterlopen gedempt moeten worden voor het dijkontwerp. Het watersysteem kan zo worden aangepast dat het systeem goed blijft functioneren. De uiterwaarden vergravingen hebben geen hydrologische effecten op. Het ontwerp voldoet aan de Richtlijn toetsing kwel en wegzijging.

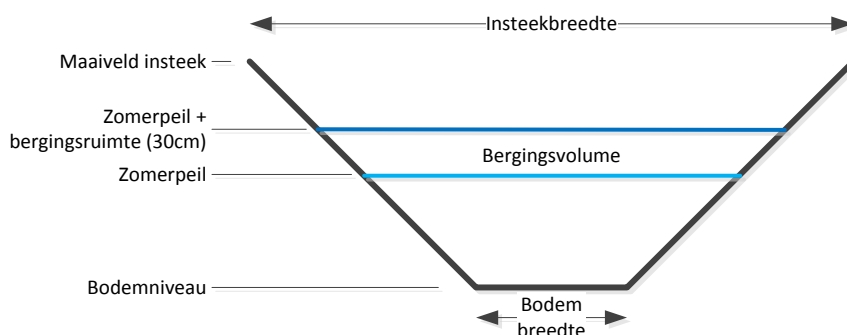
Voor de volgende aandachtspunten is aandacht nodig:

- Monitor de berekende grondwatereffecten tot na de realisatiefase.
- Lokale effecten dienen tijdens het uitvoeringsontwerp geminimaliseerd te worden.
- Indien er grote wijzigingen in het ontwerp optreden moet worden beoordeeld of er geen nieuwe effecten optreden.

Bijlage 1

BEREKENING BERGINGSVOLUME TE DEMPEN WATERGANGEN

Voor elke te dempen watergang met een leggerstatus die niet verlegd wordt is het verlies aan bergingsvolume bepaald. Hiervoor is per watergang een gemiddeld dwarsprofiel gekozen waarvoor het verlies aan berging is berekend. Dit is vervolgens vertaald naar een bergingsvolume voor de watergang. Enkele watergangen zijn opgedeeld in meerdere secties met elk een gemiddeld dwarsprofiel. Dat is de in de tabel te zien door dat een objectcode meer dan éénmaal voorkomt. De locaties van de watergangen is te vinden in de kaartenatlas van het projectplan. De berekeningsmethode staat beschreven in paragraaf 5.1.1.



Toelichting kolommen in de onderstaande tabel:

Objectcode	Unieke code van demping
BC_bodemhoogte	Bodemhoogte van het gemiddelde dwarsprofiel
BC_bodembreedte	Bodembreedte van het gemiddelde dwarsprofiel
BC_insteekbreedte	Insteekbreedte van het r gemiddelde dwarsprofiel
BC_lengte	Lengte van de watergangsectie waarvoor het dwarsprofiel representatief is. Dit is lengte van het te dempen vlak zoals weergegeven in de kaartenatlas.
BC_brondata	Gebruikte brongegevens. Dit is leggerdata, een inmeting of de AHN
BC_maaiveld	Maaiveldhoogte t.p.v. insteek van het gemiddelde dwarsprofiel
Peilvak	Peilvak waarin de watergang ligt
Zomerpeil	Zomerpeil van de watergang
h_berging	Peil bij maximale berging (30cm boven zomerpeil of bodem)
volume dwp [m2]	Berging in dwarsprofiel
Bergingsvolume [m3]	Bergingsvolume in watergang sectie

Objectcode	BC_bodemhoogte	BC_bodembreedte	BC_insteekbreedte	BC_lengte	BC_brondata	BC_maaiveld	Peilvak	Zomerpeil	h_berging	volume dwp [m2]	Bergingsvolume [m3]
WGD-A-001	1.76	1.20	3.52	371	trapezium legger	3	TLW513	1.80	2.10	0.47	173
WGD-A-001	1.30	1.66	7.30	42	Inmeting legger	3	TLW513	1.80	2.10	1.14	48

WGD-C-048	0.50	0.60	3.30	18.3	GOWA inmeting, geen leggerdata beschikbaar	1.35	TLW616	-0.30	0.80	0.32	6
WGD-C-049	0.79	0.50	2.90	22.4	Inmeting GOWA, geen leggerdata beschikbaar	1.5	TLW616	-0.30	1.09	0.30	7
WGD-C-054	-0.78	0.70	2.02	176.9	Watergang niet aanwezig. Trapezium profiel 10175 aangehouden	1	TLW616	-0.30	0.00	0.35	62
WGD-C-055	-0.78	0.70	3.60	36	Legger trapezium 10175	1	TLW616	-0.30	0.00	0.52	19
WGD-C-056	-0.63	0.70	3.60	33.3	Legger trapezium FID 10177	0.9	TLW616	-0.30	0.00	0.48	16
WGD-C-059	-1.40	0.80	2.80	22.2	Inmeting, geen leggerdata	-0.2	TLW607	-0.80	-0.50	0.62	14
WGD-C-060	-0.90	0.95	2.60	191.5	Inmeting GOWA	-0.2	TLW607	-0.80	-0.50	0.46	88
WGD-C-060	-0.90	0.50	3.30	20.7	Inmeting, geen leggerdata beschikbaar	-0.2	TLW607	-0.80	-0.50	0.45	9
WGD-C-061	-1.20	1.00	3.20	18.9	Inmeting GOWA, geen leggerdata beschikbaar	-0.2	TLW607	-0.80	-0.50	0.66	13
WGD-C-061	-1.50	1.00	2.80	30.8	Inmeting GOWA, geen leggerdata beschikbaar	-0.3	TLW607	-0.80	-0.50	0.68	21
WGD-C-061	-1.50	1.00	8.55	6.5	Inmeting GOWA, geen leggerdata beschikbaar	-0.2	TLW607	-0.80	-0.50	1.78	12
WGD-C-101	2.05	0.60	2.70	68	Inmeting GOWA. Geen legger profiel beschikbaar	2.8	TLW512	1.30	2.35	0.31	21
WGD-C-102	2.07	0.60	2.10	31	Inmeting GOWA. Geen legger profiel beschikbaar	2.8	TLW512	1.30	2.37	0.27	8
WGD-C-103	0.50	0.50	3.00	14.1	Inmeting GOWA, geen leggerprofiel beschikbaar	1.55	TLW503	0.55	0.85	0.29	4
WGD-C-104	0.60	0.80	3.50	30.9	AHN	1.4	TLW616	-0.30	0.90	0.39	12
WGD-C-104	0.30	0.50	2.50	18.4	AHN	1.4	TLW616	-0.30	0.60	0.23	4
WGD-C-109	0.80	0.70	1.60	20.6	AHN	1.44	TLW616	-0.30	1.10	0.27	6
WG-DUN-C-001	2.40	1.00	4.05	30	Bodembreedte en hoogte uit AHN	3	TLW513	1.80	2.70	0.53	16

Bijlage 2

TOETSING ONTWERP WATERGANGEN

In de keur en beleidsregels stelt het waterschap eisen aan de dimensionering van nieuwe watergangen. Tabel o-1 toont een niet-volledige samenvatting van deze eisen. De toets van het ontwerpprofiel van de watergangen staat in Tabel o-2. De maatregelen om het verlies aan bergingscapaciteit te compenseren staan vermeld in hoofdstuk 7 en zijn in deze bijlage niet herhaald.

Tabel o-1: overzichtstabel beleidsregels watergangen

BELEIDSREGELS	Watergangen			
	Status watergang	Bodembreedte	Talud	Waterdiepte
	A	0.70 m	2.0 -	1.00 m
	B	0.50 m	2.0 -	0.50 m
	C	0.50 m	1.0 -	0.50 m
	Afvoernorm			
	Landelijk	1.5 l/s/ha		
	Nieuw stedelijk	1.5 l/s/ha		
	Oud stedelijk	3.0 l/s/ha		
	Stroomsnelheid			
	Kritieke stroomsnelheid watergang	0.6 m/s		
REKENREGELS				
Verhang			Toename agv lozing of onttrekking	
Max. verhang in watergang		5 cm/km	5 cm/km	
Max. verhang wg Albl., VHL of de Linge		1.5 cm/km	1.5 cm/km	
Max. verhang hoofdwatgang > 4km		3 cm/km	3 cm/km	

Tabel o-2: Toets ontwerpprofiel watergangen aan keur en beleidsregels

Objectcode	Status	Profiel en waterdiepte	Doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid	Overige afwijkingen keur/beleid
WGG-B-012	b	Vanwege kwelgevoeligheid bestaande bodemhoogte gehandhaafd. Nieuwe profiel watergang is vergelijkbaar met huidige profiel. Voldoet aan minimale eisen van een B-watergang. De waterdiepte bij zomerpeil is <0.5m. De bodem van de watergang ligt hoog vanwege kwel.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-
WGG-C-005	c	Profiel van de bestaande watergang gehandhaafd, dit voldoet aan minimale dimensies C-watergang. De watergang heeft geen streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-
WGG-G-009	Geen	Profiel van de bestaande watergang gehandhaafd. Geen leggerstatus. De watergang heeft geen streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-
WGG-C-009	c	Profiel van de bestaande watergang gehandhaafd, dit voldoet aan minimale dimensies C-watergang. De watergang heeft geen	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-

		streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.		
WGG-B-009	b	Profiel voldoet aan minimale dimensies B-watergang. Het praktijk peil is NAP+0,7m. Dit wijkt af van het peilbesluit (peilbesluit wordt aangepast). Bij zomerpeil voldoet de minimale waterstand (0,5m) voor de B-watergang.	De watergang is hydraulisch doorgerekend en voldoet aan de eisen van het waterschap, zie GO-WA-NTT-23874	-
WGG-C-006	c	Bestaand profiel gehandhaafd, voldoet aan minimale dimensies C-watergang. De watergang heeft geen streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-
WGG-C-007	c	Bestaand profiel gehandhaafd, voldoet aan minimale dimensies C-watergang. De watergang heeft geen streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-
WGG-A-002	a	Profiel van de nieuwe watergang voldoet aan het minimale profiel voor een A-watergang. De watergang heeft een hoge bodem vanwege kwel. Met de gekozen bodemhoogte sluit de watergang goed aan op de boven- en benedenstroomse watergang. Hierdoor wordt niet aan de minimale waterdiepte voldaan.	De watergang is hydraulisch doorgerekend en voldoet aan de eisen van het waterschap, zie GO-WA-NTT-24047	Het ontwerp van de watergang moet nog nader worden afgestemd met de projectontwikkelaar op wiens perceel de watergang komt te liggen. Mogelijk wordt het profiel ruimer i.v.m. de bergingscompensatie opgave.
WGG-A-003	a	Profiel gelijk aan bovenstrooms leggerprofiel. De bodemhoogte is te hoog om aan de minimale waterstand van 1 m te voldoen. Omdat het profiel <100m is, is het bestaande leggerprofiel aangehouden.	De watergang is hydraulisch doorgerekend en voldoet aan de eisen van het waterschap, zie GO-WA-NTT-24047	-
WGG-C-004	c	Profiel van de bestaande watergang gehandhaafd, dit voldoet aan minimale dimensies C-watergang. De watergang heeft geen streefpeil. Daarom is de bodemhoogte van de bestaande watergang aangehouden.	Omdat de watergang is opgeschoven met dezelfde dimensies als de huidige watergang blijft de doorstroomcapaciteit, verhang en stroomsnelheid ongewijzigd.	-

TOETSING ONTWERP DUIKERS

In de keur en beleidsregels stelt het waterschap eisen aan de dimensionering van nieuwe duikers. De toets van het ontwerp van de duikers staat in Tabel 0-3.

Tabel 0-3: Toetsing ontwerp duikers

Objectcode	Status	Aandeel lucht	Opstuwing	Overig afwijkingen keur/beleid
WG-DUN-B-010	b	0.2	Opstuwing <1mm. Berekening in GO-WA-NTT-23874.	-
WG-DUN-C-001	c	>0.2m. Droogvallende watergang.	Droogvallende watergang.	-
WG-DUN-C-002	c	varieert, geen streefpeil	Geen streefpeil. Bij duiker 30cm gevuld opstuwing nihil. Afwaterend gebied 3,2ha	-
WG-DUN-C-009	c	varieert, geen streefpeil	Geen streefpeil. Bij duiker 75cm gevuld opstuwing nihil. Afwaterend gebied 32ha	-
WG-DUN-C-015	c	0.25	Afwaterend gebied <1ha. Opstuwing nihil.	-
WG-DUN-A-004	a	>0.25m. Door hoge bodemligging watergang.	Opstuwing <5mm. Berekening in GO-WA-NTT-24047	-
WG-DUN-A-005	a	>0.25m. Door hoge bodemligging watergang.	Opstuwing <5mm. Berekening in GO-WA-NTT-24047	-
WG-DUN-A-006	a	>0.25m. Door hoge bodemligging watergang.	Opstuwing <5mm. Berekening in GO-WA-NTT-24047	-
WG-DUN-A-008	a	0.25	Opstuwing <5mm. Berekening in GO-WA-NTT-24047	-